

NGU Rapport 98.143

Grunnvannsundersøkelser i Nordangsdalen,  
Ørsta kommune

Rapport nr.: 98.143		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Nordangsdalen, Ørsta kommune			
Forfatter: Arve Misund og Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/Nordang og Øye vassverk	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Ørsta	
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1219 III Hjørundfjord	
Forekomstens navn og koordinater: Nordang Brønn 3, 378700 6897311		Sidetall: 36 Kartbilag: 8	Pris: kr 205,-
Feltarbeid utført: juli/aug. 1997	Rapportdato: desember 1998	Prosjektnr.: 2713.15	Ansvarlig: <i>Jan Wilander</i> 99-3-10
Sammendrag:			
<p>På oppdrag av Nordang og Øye vassverk har Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjennomført hydrogeologiske undersøkelser i nedre del av Nordangsdalen. I juli/august 1997 ble det utført 17 georadarprofileringer som dannet grunnlaget for utvelgelsen av fire områder for videre undersøkelser med boring og testpumping.</p> <p>Utfra en samlet vurdering anbefaler vi at det etableres en rørbrønn for grunnvannsuttak ved borebrønn 2. Det bør settes ned tre peilerør i tillegg til det eksisterende røret ved punkt 2. Brønnen bør prøvepumpes i ett år med et uttak som ligger noe over det ønskede vannbehovet, men hvis kapasitet og kvalitet er god og stabil kan prøvepumpingen avsluttes etter tre måneder. For å kunne vurdere grunnvannets strømning inn mot brønnen skal grunnvannsnivået i de nedsatte peilebrønnene måles jevnlig under pumpeperioden. Dette vil danne grunnlag for å beregne størrelsen på klausuleringssonene rundt brønnen. I tillegg skal kapasiteten i produksjonsbrønnen måles og det skal tas vannprøver til både bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvannsforsyning	Løsmasser	
Geofysikk	Georadar	Vannkvalitet	
Boring		Fagrapport	

## INNHold

1. FORORD.....	4
2. INNLEDNING .....	5
3. METODER OG UTFØRELSE .....	5
3.1 Georadar .....	5
3.2 Hydrogeologiske undersøkelser .....	6
4. RESULTATER .....	7
4.1 Georadar .....	7
4.1.1 Nordang øst - Profilbeskrivelser (P1-P6) .....	7
4.1.2 Nordang øst - Konklusjon .....	8
4.1.3 Nordang vest - Profilbeskrivelser (P7-P9 og P12-P17) .....	8
4.1.4 Nordang vest - Konklusjon .....	10
4.1.5 Øye - Profilbeskrivelser (P10 og P11) .....	10
4.1.6 Øye - Konklusjon .....	11
4.2 Hydrogeologiske undersøkelser .....	11
4.2.1 Boring 1(profil 16) .....	11
4.2.2 Boring 2 (profil 5 og 6) .....	11
4.2.3 Boring 3 (profil 15) .....	12
4.2.4 Boring 4 (profil 14) .....	12
5. VIDERE ARBEID .....	12
6. REFERANSER .....	13

## TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Georadar - metodebeskrivelse

Tekstbilag 2: Skjema for tolkning av georadaropptak

Tekstbilag 3: Hydrogeologiske undersøkelsesmetoder i løsmasser ved NGU

## DATABILAG

Databilag 1: CMP-måling georadar (CMP1) og hastighetsanalyse

Databilag 2: Sedimentprøver fra Nordang og Øye, Kornfordelingsanalyser

Databilag 3: Vannanalyser, prøvetatt 19.08 til 02.09.1997.

Databilag 4: Brønnskjema for undersøkelsesbrønner

Databilag 5: Dimensjonering av rørbrønn

## KARTBILAG

Kartbilag 98.143-01: Oversiktskart Nordang og Øye (M 1:50 000)

Kartbilag 98.143-02: Lokalkart Nordang øst - georadarprofiler og boringer

Kartbilag 98.143-03: Lokalkart Nordang vest og Øye - georadarprofiler og boringer

Kartbilag 98.143-04: Georadaropptak Nordang øst - profilene P1, P2, P3, P4, P5, P6

Kartbilag 98.143-05: Georadaropptak Nordang vest - profilene P7, P8, P9, P15

Kartbilag 98.143-06: Georadaropptak Nordang vest - profilene P12, P13, P17

Kartbilag 98.143-07: Georadaropptak Nordang vest - profilene P14, P16

Kartbilag 98.143-08: Georadaropptak Øye - profilene P10, P11

## 1. FORORD

En god vannforsyning med hensyn til kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt rensed vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.


Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).

NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «Økt bruk av grunnvann». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til alminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Møre og Romsdal og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble Ørsta kommune valgt for grunnvannsundersøkelser i 1997. Arbeidet i kommunen ble planlagt i samarbeid med teknisk etat og Nordang og Øye vassverk.

Bernt Olav Hilmo  
Hovedprosjektleder



Arve Misund  
forsker



## 2. INNLEDNING

På oppdrag av Nordang og Øye vassverk gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i 1997 hydrogeologiske undersøkelser i nedre del av Nordangsdalen.

- Nordang vassverk er et felleseie, og vannbehovet tilsvarer ca. 50 pe. Vassverket forsyner seks gårder og fire pelsdyrfermer. Kilden er et oppkomme nedstrøms dyrket mark, ca. 50 m over havet. Vannet har dårlig kvalitet med hensyn til bakteriologi.
- Øye vassverk er et andelslag av ca. 20 husstander som forsyner fire gårdsbruk, 1 skole (ca. 10 elever), butikk og hotell (32 senger). Kilden er en bekk ved foten av en ur, ca 75 m over havet. Det forekommer noe beiting ovenfor vanninntaket. Det er registrert kapasitetsproblemer om vinteren og noe problemer med bakterier.

Nordang og Øye vassverk har i dag et vannforbruk tilsvarende 130 pe (noen gårder, skole og hotell). Det er ikke vannbehandling ved noen av vassverkene. Samlet middelforbruket for vassverkene er ca. 80 m<sup>3</sup>/døgn eller 1 l/sek. Ønsket vannlevering fra fremtidig vassverk er ca. 240 m<sup>3</sup>/døgn eller 2,7 l/sek.

Det er foretatt georadarmålinger i 17 profiler, og undersøkelsene ble utført 29.-30. juli. På grunnlag av tolkning av georadarprofilene ble det valgt ut fire områder for videre undersøkelser med boring og testpumping. Boringene og testpumpingene ble foretatt 19.-21. aug. og 2. sept. Plassering av borepunktene fremgår av kartbilagene 2 og 3.

## 3. METODER OG UTFØRELSE

### 3.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

Målingene omfatter 17 profiler med samlet lengde 2,8 km. Lokalisering av profilene er vist i kartbilag -02 og -03. I tillegg til profilmålingene ble det utført en CMP-måling for å bestemme radarbølge-hastigheten i løsmassene. Målingene ble gjennomført den 29. og 30. juli 1997 av Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og Roy Hansen (NGU).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var henholdsvis 800 ns (nanosekunder) for profilene P1-P11 og 1000 ns for P12-P17, mens samplingsintervall i alle opptakene var på 0,8 ns. Målingene ble utført med 8 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene.

For 8 av profilene (P10-P17) ble antennene plassert på en håndtrukket spesialvogn, og et tilhørende målehjul registrerte avstanden langs profilene. For profilene P1-P9 kan reell lengde avvike en del fra lengde angitt i profiloopptakene på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Angitt informasjon om kryssende profiler, eiendomsgrenser, hus og terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Ved utskrift av profiloopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grus-dominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjonsmønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning. I tekstbilag 2 er vist et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som kan være til hjelp for tolkning av sammenhengen mellom refleksjonsmønster og løsmasstype.

### **3.2 Hydrogeologiske undersøkelser**

Det er gjennomført sonderboringer i fire punkt (Databilag 4). I tre av punktene (brønn 1 - 3, kartbilag 2 og 3) er det gjennomført testpumper. Det er tatt syv prøver for kornfordelingsanalyser (Databilag 2) og seks prøver for vannanalyse (Databilag 3).

Metoder for hydrogeologiske undersøkelser i løsmasser er nærmere beskrevet i tekstbilag 3.

## 4. RESULTATER

### 4.1 Georadar

Utskrift av georadaropptak langs profilene er vist sammen med lokaliseringskart i kartbilag -04 for profilene P1-P6 i området Nordang øst, i kartbilagene -05 for P7-P9 og P15, -06 for P12, P13 og P17 og -07 for P14 og P16 i området Nordang vest, og i kartbilag -08 for P10 og P11 i området Øye. Utskrift av CMP-målingen samt resultat av hastighetsanalysen er vist i databilag 1.

Hastighetsanalysen indikerer at radarbølgehastigheten i løsmassene (ved pos. 25 i P17) er i området 0,09-0,10 m/ns ned til et dyp på rundt 450 ns (toveis gangtid). En verdi på 0,09 m/ns er benyttet for beregning av vertikal skala (høydeskala) i alle profilutskriftene.

Terrenghøyden langs profilene er hovedsakelig lagt inn ut fra kartgrunnlaget, men noen lokale variasjoner er lagt inn ut fra visuell vurdering samtidig med målingene.

#### 4.1.1 Nordang øst - Profilbeskrivelser (P1-P6)

Utskrift av georadaropptak langs profilene P1-P6 er vist i kartbilag -04. Profilene er lokalisert langs området sørvest for Tverråa. Vest for P1 er P2 målt langs sti/traktorveg.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) for reflekterte georadarsignaler varierer fra 20 til 30 m. Overflatematerialet er dominert av relativt kraftig reflektivitet, men med lite sammenhengende reflektorer og til dels kaotisk mønster. Materialet regnes å bestå av forholdsvis grovt, men dårlig sorterte flomavsetninger (elvevifteavsetninger) fra Tverråa. Avsetningene under er dominert av skrålagning med fall i nordvestlig retning. De regnes å bestå av relativt godt sortert sand/grus-dominert materiale, trolig eldre deltaavsetninger, muligens breelvavsetninger. Grensen mellom avsetningstypene er fra godt til dårlig definert, men mektigheten av overflatelaget ser ut til å variere fra 2-3 m til 6-8 m. Den er størst langs sentrale deler av P2 (pos.50-160) og øvre (sørøstre) del av P1 (pos. 0-70). Laget tynner ut til et par meter mot nordvestenden av P1 og er også bare få meter tykt i østlige del av P5 (pos. 0-25).

Det er vanskelig å indikere grunnvannsspeilet, men det regnes for det meste å ligge oppe i overflatelaget og delvis ganske overflatenært. Det dårlig sorterte overflatelaget kan stedvis være bedre pakket og mindre gjennomtrengelig for vann enn materialet under. Dette kan medføre at vannmetningen i overflaten opptrer som hengende grunnvannsspeil med umettet materiale under. Sentralt i P1 (pos. 45-85) ser det ut til å opptre et underliggende grunnvannsspeil i nivå 67-68 m o.h.

#### 4.1.2 Nordang øst - Konklusjon

Det regnes å være størst mulighet for uttak av grunnvann i det nedre løsmasselaget i områder med markert skrålagning til stort dyp under grunnvannsspeil. Ut fra dette peker følgende områder langs profilene seg ut som gunstige for oppfølgende grunnvannsundersøkelser: P1 pos. 60-123, P2 pos. 30-150, P5 pos. 0-30 og sannsynligvis også P6. Anbefalt gunstigste lokalisering av prøveboringer vil være nederste del av P1 (pos. 90-123) og østligst i P5 (pos. 0-25). Det vil der trolig også være lettest å bore gjennom det inhomogene overflatelaget på grunn av liten mektighet av dette.

#### 4.1.3 Nordang vest - Profilbeskrivelser (P7-P9 og P12-P17)

Utskrift av georadaropptak P7-P9 og P15 er vist i kartbilag -05. Disse 4 profilene er lokalisert til nordøstre del av området, i et forholdsvis lavtliggende område (23-40 m o.h.) like sør for hovedelva og øst for utløpet av Holåa.

Penetrasjonsdypet er stort sett 15-20 m, men er i enkelte områder mindre. Det er tildels kraftig variasjon over korte avstander, noe som kan skyldes varierende innhold av finstoff i løsmassene, men kan også være forårsaket av varierende overflateforhold. Det er sannsynlig at det i øvre del av avsetningene er vekslende innslag av elveavsetninger og skredmateriale (langs P7-P9), mens materialet mot dypet kan være morenedominert. Langs P8 pos. 0-130 kan det indikeres en løsmassegrense på rundt 10 m dyp. I P15 er det sannsynligvis en morenerygg som stikker opp til rundt 20 m o.h. i området pos. 60-120, mens overliggende materiale på 5-6 m tykkelse regnes å være elveavsetninger. I vestligste del av profilet (pos. 180-207) kommer det inn skrålagning, som når ned til 15-20 m dyp, og som kan indikere mer sand/grus-dominert materiale. Grunnvannsspeil er gjennomgående dårlig definert, men kan ligge overflatenært og er indikert på 1,5-2,0 m dyp sentralt i P15.

Utskrift av georadaropptak langs profilene P12, P13 og P17 er vist i kartbilag -06. Profilene er lokalisert til området sørøst for Holåa. Øvre del av P13 er målt nedover elvevifta for Holåa, mens nedre del følger elvenedskjæringen gjennom terrasseflatene som ligger i nivå 60-65 m o.h. ut mot hoveddalen. Tverrprofilet P12 krysser over nedre del av elvevifta, mens det andre tverrprofilet P17 er målt langs driftsveg ca. 130 m lenger nord.

Penetrasjonsdypet varierer fra knapt 20 m til vel 40 m. Det er minst i vestligste del av P12 og størst i nedre (nordlige) del av P13 og i P17. I P13 er det et klart skille i avsetningstype like nedenfor krysspunkt med P12. Der kommer det opp en ryggform, og i denne og videre nedover langs profilet har løsmassene meget markert skrålagning med fall mot nordnordøst til stort dyp, og lengst nord i profilet når skrålagningen ned mot havnivå. Dette viser at terrassene ut mot hoveddalen er bygd opp av mektige sand/grus-avsetninger antagelig avsatt i et breelvdelta. Materialet langs sørlige del av P13 (sør for ryggformen) må være avsatt i en senere fase. Tildels kraftig men uryddig refleksjonsmønster indikerer dårligere sorterte

avsetninger, trolig også med større finstoffinnhold, spesielt i sørligste deler med redusert georadarpenetrasjon. En endring i refleksjonsstrukturene på rundt 10 m dyp kan representere en løsmassegrense. Det er sannsynlig at løsmassemektigheten avtar oppover mot dalsiden i sør, men fjelloverflaten er ikke påvist i profilet.

Langs nedre del av P13 har elva erodert og fjernet en del av terrasse materialet, men elva har samtidig bygd ut ei elvevifte nedover dalsiden sønnafor, og etter hvert har dette elveviftematerialet også blitt avsatt som et topplag over deltaavsetningene. Mektigheten av elvevifta over breelvavsetningene avtar fra 9 m over ryggformen (pos. 170) til mindre enn 3-4 m ved pos. 260 og videre nedover.

Mulig grunnvannsspeil er indikert oppe i elvevifteavsetningene sentralt i profil 13. Det ligger 46-47 m o.h. ved pos. 245-230, og ser ut til å gå parallelt med terrengoverflaten oppover til pos. 170 og går derfra betydelig slakere, men skråner opp mot 68 m o.h. ved pos. 90. Elveviftematerialet er dårligere sortert og antas å være mindre vanngjennomtrengelig enn breelvavsetningene, og grunnvannsspeilet kan derfor være hengende med umettet materiale under. I området pos. 185-245 er det i breelvavsetningene indikert et betydelig dypere liggende grunnvannsspeil i nivå rundt 30 m o.h. Det er ikke tydelig markert langs nederste del av profilet, men ligger trolig i nær samme nivå.

Langs tverrprofilen P12 synes det stort sett å være avsetninger av samme type som like sør for breelvavsetningene i P13, men breelvmateriale kan komme inn i østligste del (pos. 250-320). I vestlige del (pos. 40-140) synes det, som i P13, å være en grense i avsetningene på 10-12 m dyp (55-57 m o.h.). I samme område skråner det ned en ujevn og usammenhengende reflektor mot øst fra 53 til 40 m o.h. Den kan representere overgang mot morene eller fjell. Grunnvannsspeil er ikke indikert langs profilet.

Utskrift av georadaropptak langs profilene P14 og P16 er vist i kartbilag -07. Profilene er lokalisert til området nordvest for Holåa. Profil P14 følger driftsveg oppover langs elva, men svinger mot nord bort fra elva i øvre del. Startpunkt for P14 er knapt 30 m vest for pos. 300 i P13. Profil P16 har startpunkt ca. 140 m nedenfor (nordøst for) startpunkt i P14 og ca. 90 m nedenfor enden av P13. Profilet går først parallelt med nederste del av Holåa mot nordøst (pos. 0-115) og svinger så parallelt med hovedelva mot nordnordvest.

Penetrasjonsdypet varierer fra 30 til nærmere 40 m langs profilene, og det er størst langs østlige del av P14 (pos. 0-150). Langs P14 pos. 0-60 er det markert skrålagning til stort dyp. Dette indikerer breelvavsetninger (deltaavsetninger) tilsvarende som langs P13. Det regnes at avsetningstypen fortsetter videre vestover, men der går profilretningen mer på tvers av avsetningsretningen, og refleksjonsmønsteret er derfor dominert av nær horisontale reflektorer. Ved sving helt øverst i profilet (pos. 245-250) kommer det opp en ryggform, og profilet kommer trolig nær grensen mot ovenforliggende avsetninger vist i P12 og P13. Et

mulig grunnvannsspeil på 2-3 m dyp kan indikeres langs elva (pos.0-70), men det er ikke mulig å si om det er hengende og at det finnes noe dypereliggende grunnvannsspeil.

Skrålagning fra få meter under overflaten de første 20 m av P16, og som går ned mot under havnivå fram til pos. 70, representerer ytre del av breelvdeltaet. Løsmassene som er registrert videre langs profilet, regnes å være avsatt senere, og materialet kan dels være avsatt fra Holåa, og da vesentlig bestå av eroderte terrasseavsetninger, og dels være transportert med hovedelva. Markert skrålagning fra pos. 115 (hvor profilet dreier langs hovedelva) indikerer sanddominerte løsmasser avsatt i retning mot nordnordvest. I området pos. 150-220 flater skrålagningen ut rundt havnivå og det regnes å være forholdsvis finkornig materiale under dette nivået. Lengst nord i profilet (pos. 230-256) går skrålagningen ned til 5-10 m under havnivå før utflating. Grunnvannsspeilet kan ligge 21-22 m o.h. i området pos. 60-120, mens det skråner opp til 26-27 m o.h. ved starten av profilet. Langs resten av profilet ligger det ganske grunt og er vanskelig å skille ut fra overflatesignalet.

#### 4.1.4 Nordang vest - Konklusjon

Ut fra strukturer og penetrasjonsdyp synes løsmassene langs P7-P9 og P15 i lavområdet i nordøst for det meste å være dårlig egnet for større grunnvannsuttak. Forholdene er trolig best langs vestligste deler av P15, og eventuell prøveboring bør plasseres der (pos. 180-207).

I området like nord og sør for Holåa (P12-P14 og P16-P17) regnes breelvavsetningene å være best egnet for uttak av grunnvann. Disse er lokalisert til området nordøstover fra P12 (dvs. fra pos. 170 i P13) og fram til pos. 50 i P16. I sørvestlige del av området kan det opptre et hengende grunnvannsspeil bare noen få meter under overflaten, mens det egentlige grunnvannsspeilet kan ligge dypt og i nivå 30 m o.h. Oppfølgende prøveboringer bør derfor lokaliseres til nedre del av elvenedskjæringen gjennom breelvavsetningene, dvs. langs nordøstligste deler av P13 (pos. 270-355) og P14 (pos. 0-40) og nedover til og med øvre del av P16 (pos. 0-40). Grunnvannsspeilet vil ligge nærmest terrengoverflaten nede ved P16. Løsmassene i de yngre elveavsetningene i nordlige del av P16 kan også være egnet for uttak av grunnvann.

#### 4.1.5 Øye - Profilbeskrivelser (P10 og P11)

Utskrift av georadaropptak langs profilene P10 og P11 er vist i kartbilag -08. Profilene er lokalisert på hovedsakelig dyrket mark like ved Hotell Union. Profil 10 er målt parallelt med hovedvegen rett bak hotellet, mens P11 er målt på tvers fra vegen og nordøstover inn mot dalsiden.

Penetrasjonsdypet varierer helt fra 10 til 25 m. Langs nordvestlige del av P10 er det en undulerende reflektor 3-6 m under havnivå, dvs. på 8-12 m dyp. Refleksjonsmønsteret under

indikerer inhomogent materiale. Reflektoren kan derfor representere både fjelloverflate, moreneoverflate eller mest sannsynlig overflaten av gammelt skredmateriale fra dalsiden i nordøst. Avsetningene over regnes å være elve- og elvedelta-avsetninger. Nær horisontal lagdeling og svak reflektivitet fra 4-5 m dyp indikerer ganske finkornige avsetninger (finsand/silt). Fra midten av profilet (pos. 100-105) øker mektigheten av elvedelta-avsetningene, og det kommer inn skrålagning som når ned til rundt 10 m under havnivå i sørøst (pos. 0-45). Også langs P11 er det indikert skrålagning til tilsvarende dyp. Sammenholdes skrålagningen i de to profilene, fås en fallretning omtrent mot vest. Det er varierende, men gjennomgående svak reflektivitet i avsetningene, og dette tyder på forholdsvis fint materiale (sand/finsand/silt). Grunnvannspeilet ser ut til å ligge 2-3 m under overflaten, dvs. i nivå 5-6 m o.h. i sørøst og 3-4 m o.h. i nordvest. Mot nordøstenden av P11 er det usikkert hvilken reflektor som representerer fjelloverflaten, men det kan se ut som grunnvannspeilet fortsetter inn i løsmasseskråningen fram mot pos. 100.

#### 4.1.6 Øye - Konklusjon

Elvedeltaavsetningene ved Øye langs P10 og P11 er sannsynligvis for finkornige til å være egnet for større grunnvannsuttak. Da georadarmålingene har indikert betydelig gunstigere løsmasseforhold i de øvrige områdene, anbefales ingen prøveboringer her.

## **4.2 Hydrogeologiske undersøkelser**

### 4.2.1 Boring 1(profil 16)

Punktet er ved starten av georadarprofil P16 ovenfor den nedre broa over Holåa (Kartbilag 3). Boreloggen er beskrevet i Databilag 4.1. Boringen viser at det i toppen er en hard og blokkrik jordart som går over til mer sand/grus fra 12 m dyp, men det er fremdeles hardpakke masse. Fra 15,5 - 17,5 m dyp er sanden løsere. Det er gjort korttids testpumperinger på 5,5 m dyp (0,7 l/sek), 11,5 m (0,3 l/sek.) og på 15,5 m (0,7 l/sek.). Vannprøven fra 15,5 m dyp tilfredsstiller kravene til veiledende verdi i drikkevannsforskrift av 1995. Kapasiteten kan imidlertid være noe liten når vannbehovet er 2 - 3 l/sek.

### 4.2.2 Boring 2 (profil 5 og 6)

Punktet er ved starten av georadarprofil P5 som er plassert på et myrlendt beiteområde ved samløpet Tverråa og Nordangvassdraget (Kartbilag 2). Boreloggen er beskrevet i Databilag 4.2. I toppen av profilet er det stein og sand som går over i mer grusige masser fra ca. 5 m dyp. Fra ca. 12 m er det hardpakket sand/grus. Det er utført korttids testpumperinger på 7,5 m dyp (1,25 l/sek.), 9,5 m (0,75 l/sek.), 13,5 m (1 l/sek.) og 17,5 m (1,7 l/sek.). Samtlige vannprøver (med best kvalitet i prøven fra 17,5 m) tilfredsstiller kravene til veiledende verdi i drikkevannsforskriften av 1995 (Sosial- og helsedep., 1995). pH er ca. 7. Med en riktig utformet brønn bør den ønskede vannmengde på 2 - 3 l/sek. kunne dekkes fra dette området.

#### 4.2.3 Boring 3 (profil 15)

Punktet er ved enden av georadarprofil P15 ved samløpet mellom Holåa og Nordangvassdraget (Kartbilag 3). Boreloggen er beskrevet i Databilag 4.3. I toppen av profilet er det stein, sand og blokk ned til 5 m. Deretter er det sand og grus ned til 13 m hvor det blir noe grovere masser før boringen stoppes i en blokk (fjell ?) på ca. 17 m dyp. Det er utført korttids prøvepumper på 5,5 m dyp (1,2 l/sek.), 7,5 m (1 l/sek.), 9,5 m (0,25 l/sek.), 13,5 m (0,5 l/sek.) og 15,5 m (0,5 l/sek.). Kapasiteten her er gjennomgående noe dårligere enn i borehull 2. Vannprøven fra ca. 6 m dyp tilfredsstillende ikke drikkevannsforskriftens krav til veiledende verdi for jern, men er innenfor kravet til største tillatte konsentrasjon. pH-verdi på 6,4 er også noe lavt. Prøven tilfredsstillende ellers kravene til godt drikkevann.

#### 4.2.4 Boring 4 (profil 14)

Punktet ligger ved begynnelsen av georadarprofil P14 i nærheten av tidligere utført boring ved dagens vanninntak (Kartbilag 3). Boreloggen er beskrevet i Databilag 4.4. Det er stort sett grove masser i hele profilet ned til borestopp i ei blokk på ca. 15 m, og det er god gjennomgang i massene ned til ca. 5 m dyp. Under dette er det tettere masser. Det er ikke utført testpumping da grunnvannsstanden lå for dypt for pumping med sugepumpe (8,9 m under bakkenivå). Utfra informasjon fra boringen virker massene for tette til uttak av større vannmengder.

### **5. VIDERE ARBEID**

Ut fra en samlet vurdering anbefaler vi at det etableres en rørbrønn for grunnvannsuttak ved borebrønn 2 (se Kartbilag 3). Forslag til brønnutforming er gitt i Databilag 5. Det bør settes ned tre peilerør i tillegg til det eksisterende røret ved punkt 2. Brønnen bør prøvepumpes i ett år med et uttak som ligger noe over det ønskede vannbehovet, men hvis kapasitet og kvalitet er god og stabil kan prøvepumpingen avsluttes etter tre måneder. For å kunne vurdere grunnvannets strømming inn mot brønnen skal grunnvannsnivået i de nedsatte peilebrønnene måles jevnlig under pumpeperioden. Dette vil danne grunnlag for å beregne størrelsen på klausuleringssonene rundt brønnen. I tillegg skal kapasiteten i produksjonsbrønnen måles og det skal tas vannprøver til både bakteriologiske og fysikalsk-kjemiske analyser.



## 6. REFERANSER

Beres, M. Jr. & Haeni, F. P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

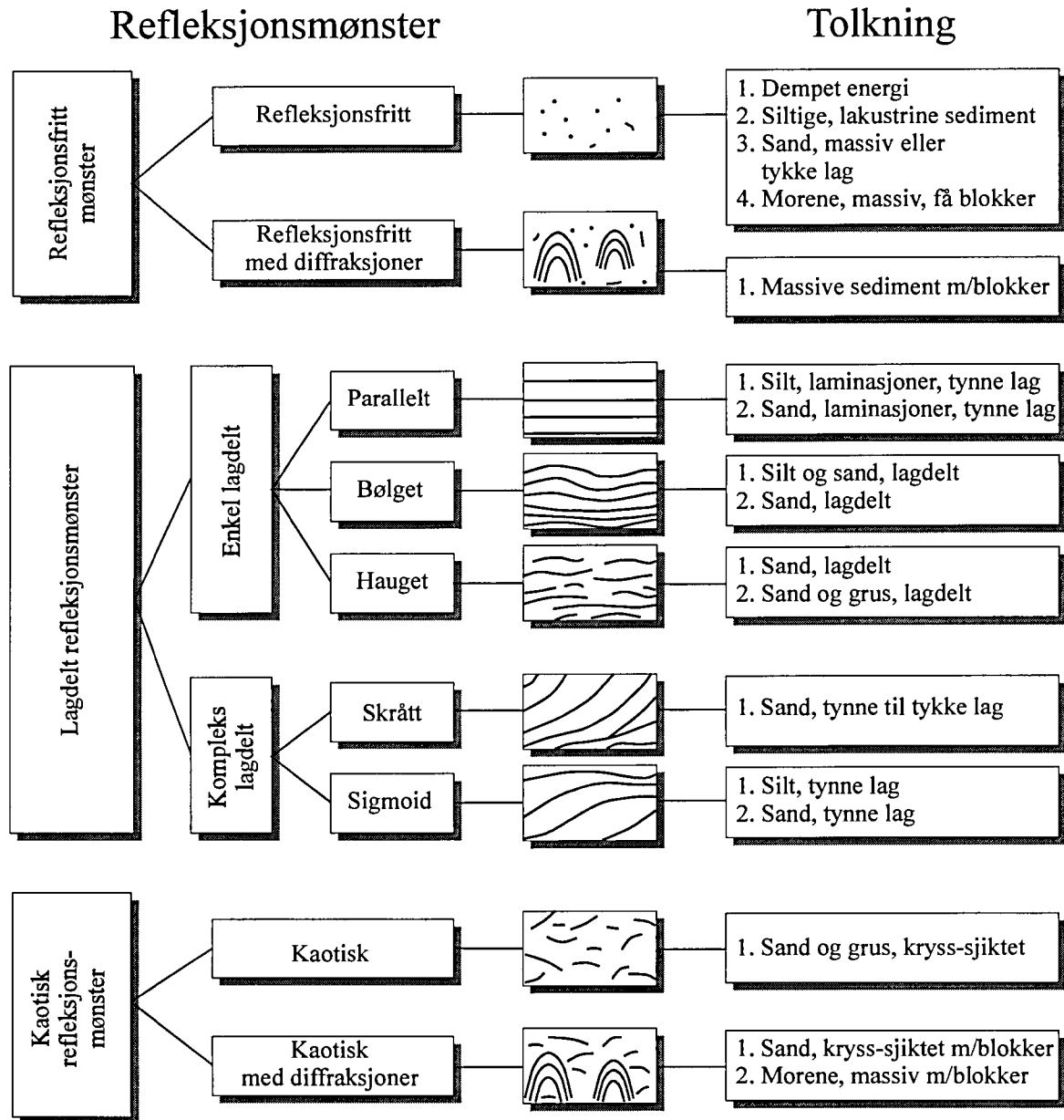
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

# HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU

## 1 SONDERBORINGER

### a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros/Hafo borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

### b) Dataregistreringer

Under boring med Borros/Hafo borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

### c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne. Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetypen for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

## 2 TESTPUMPINGER

### a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsuttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i et forboret hull. Undersøkelsesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et

naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpe gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

#### b) Dataregistreringer

Før pumping starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumping. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsforekomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's hydrogeologiske database.

#### c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumping blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

### **3 SEDIMENTPRØVETAKING**

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumping. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet gjennomstrømningsprøvetaker.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

### **4 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING**

#### a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping og vannbehov. Det vanligste er å sette ned fullskala brønner som senere kan benyttes til produksjonsbrønner, men ved usikre forhold brukes det ofte enklere prøvebrønner til prøvepumping.

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm damprør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

#### b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes ett år slik at man får med eventuelle sesongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

#### c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

## 5 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

## 6 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub>-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av boringer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

## 7 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsikting av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- ledningsevne
- pH
- alkalitet
- fargetall
- turbiditet
- 30 kationer
- 7 anioner

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på  $\pm 2\%$  for verdier over 0.2 mS/m,  $\pm 0.004$  mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og  $\pm 0.003$  mS/m i måleområdet  $< 0.004$  mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på  $\pm 0.05$  pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på  $\pm 2.5\%$  for verdier over 2.0 mmol/l,  $\pm 0.04$  mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og  $\pm 0.03$  mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på  $\pm 7.5\%$ .



Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på  $\pm 0.04$  FTU i måleområde 0.05-1.0,  $\pm 0.4$  FTU i måleområde 1.0-10,  $\pm 4$  FTU i område 10-100 og  $\pm 40$  FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2:

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende de krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

**Tabell 1: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.**

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
Å	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

**Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner**

ION	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ( $\Sigma$ kationer =  $\Sigma$ anioner) Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at analysen er akseptabel:

$\Sigma$ Anioner + $\Sigma$ kationer [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

## LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

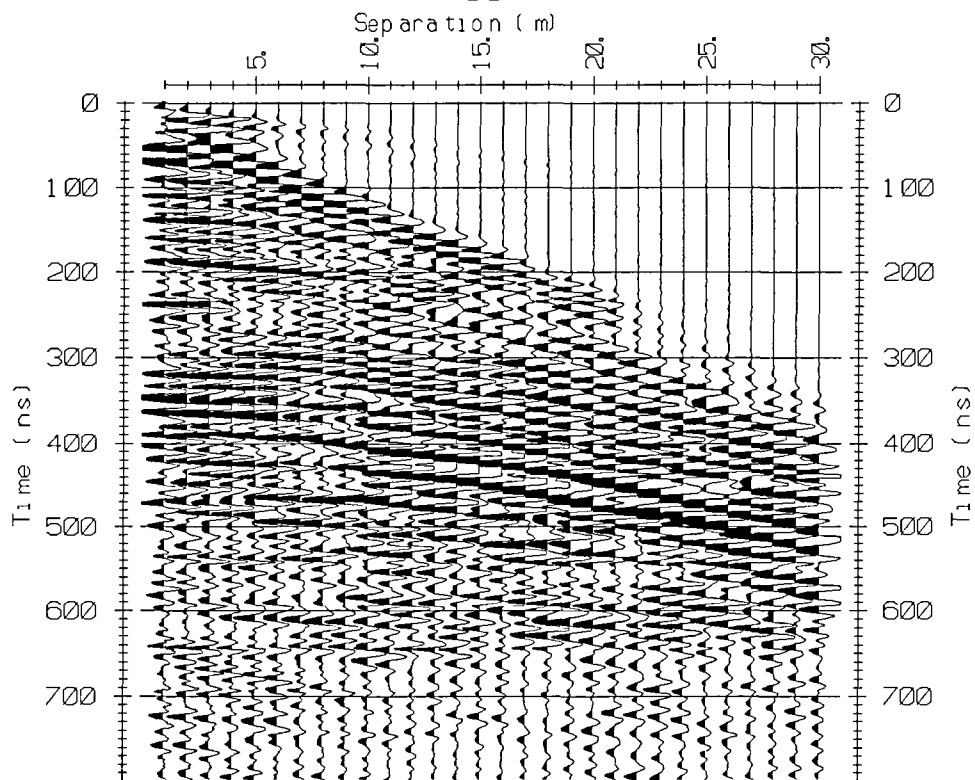
GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

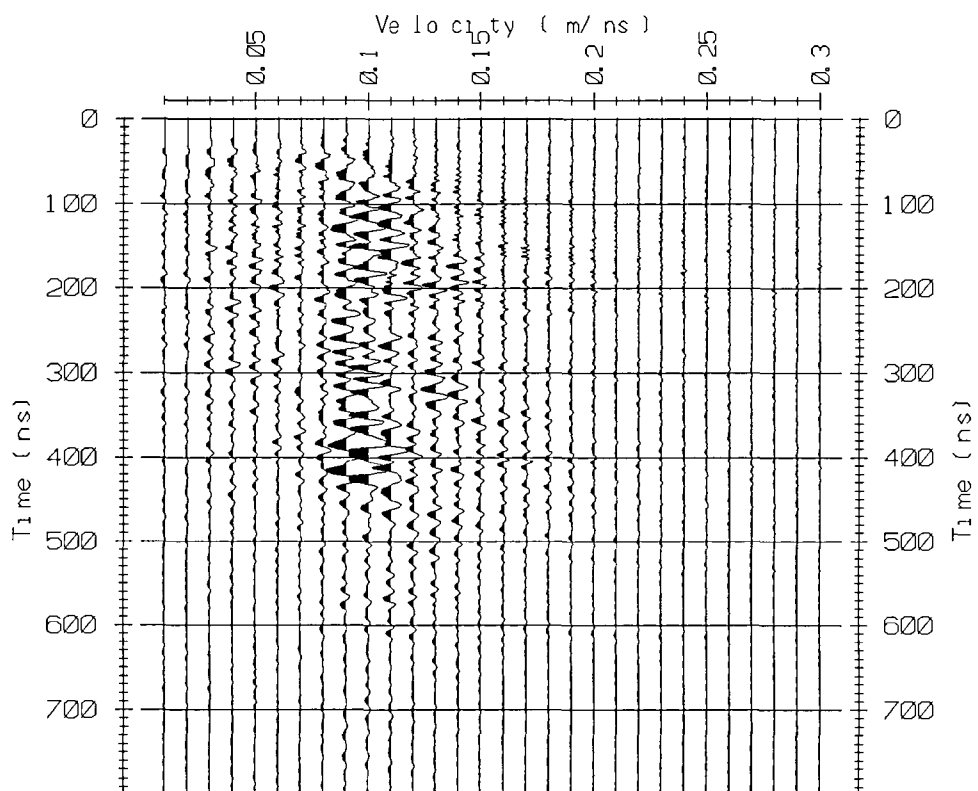
GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

## Nordang, CMP1 ved P17 pos. 25

### CMP-opptak



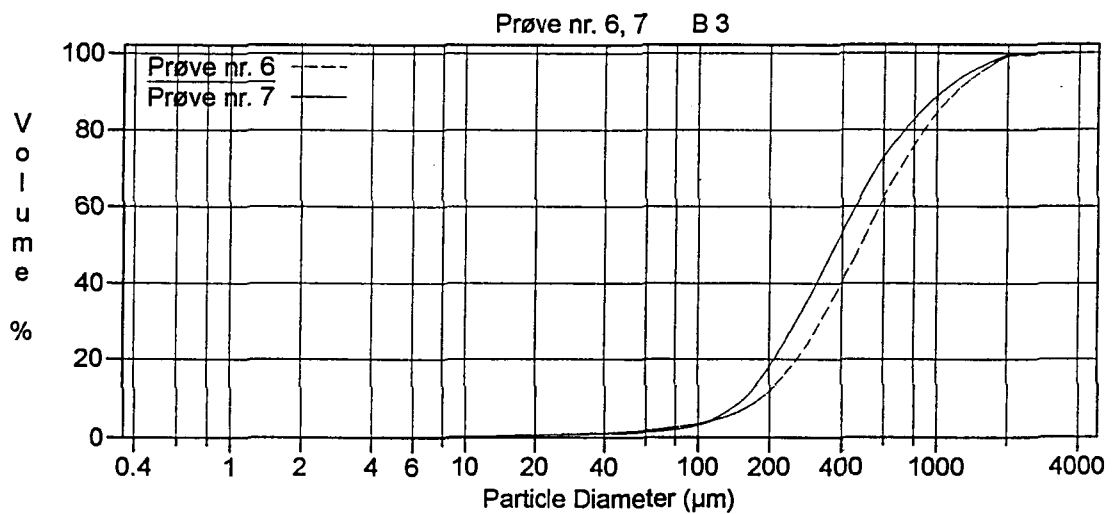
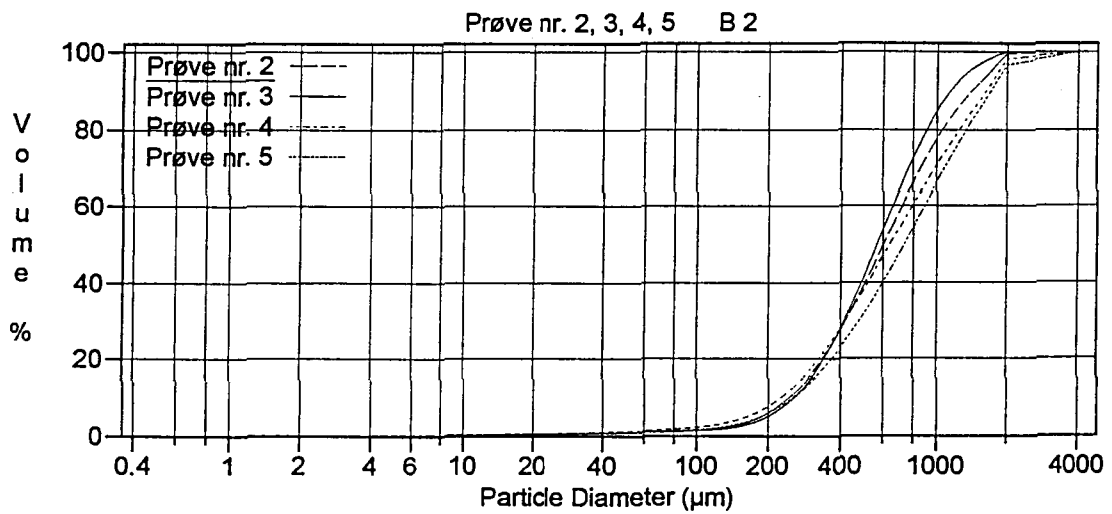
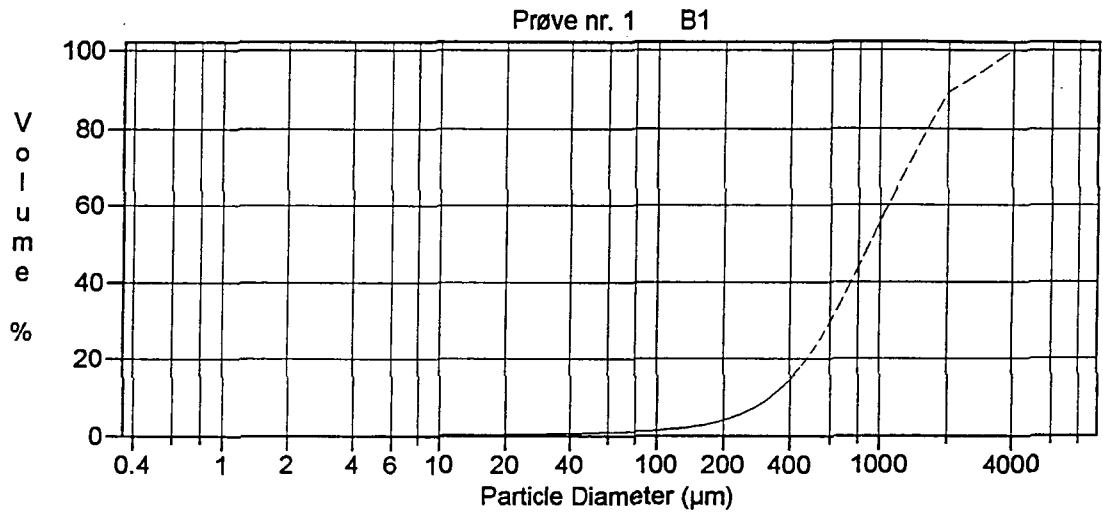
### Hastighetsanalyse



*Databilag 2: Sedimentprøver fra Nordang og Øye, Kornfordelingsanalyser*

**Prøve nr. 1:** Brønn 1 13,5 - 15,5 m dyp  
**Prøve nr. 2:** Brønn 2 6,5 - 7,5 m dyp  
**Prøve nr. 3:** Brønn 2 8,5 - 9,5 m dyp

**Prøve nr. 4:** Brønn 2 12,5 - 13,5 m dyp  
**Prøve nr. 5:** Brønn 2 16,5 - 17,5 m dyp  
**Prøve nr. 6:** Brønn 3 4,5 - 5,5 m dyp  
**Prøve nr. 7:** Brønn 3 6,5 - 7,5 m dyp



## VANNANALYSER

FYLKE: Møre og Romsdal

KART (M711): 1219-3

KOMMUNE: Ørsta

PRØVESTED: Øye/Nordang

OPPDRAKSNUMMER: 1997.0227

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	B1	B2	B2	B2	B3	B3							
Dato	19.08.97	20.08.97	20.08.97	20.08.97	21.08.97	02.09.97							
Brønntype	undersøk	undersøk	undersøk	undersøk	undersøk	undersøk							
Prøvedyp m	14,5-15,5	6,5-7,5	12,5-13,5	16,5-17,5	4,5-5,5	6,5-7,5							
Brønndimensjon mm	33	33	33	33	33	33							
X-koordinat Sone:	378500	379300	379300	379300	378600	378600							
Y-koordinat Sone:	6897300	6896850	6896850	6896850	6897300	6897300							
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>					
Surhetsgrad, felt/lab pH	6,53	6,5	7,10	7,1	6,94	6,9	6,98	5,8	6,16	6,46	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>	
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S}/\text{cm}$	27,5	23,4	44,9	42,9	31	30,1	38,7	38,4	68,6	63,9	70,3	< 400	
Temperatur $^{\circ}\text{C}$												< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,06	0,22	0,14	0,17	0,19	0,28						0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall mg Pt/l	9,8	5,0	5,8	5,8	2,8	2,8						< 1	20
Turbiditet F.T.U	5,1	0,71	1,2	0,15	4,8	2,4						< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l												> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l												< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV													
<b>Anioner</b>													
Fluorid mg F/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05					1,5	
Klorid mg Cl/l	2,69	2,70	2,09	3,42	5,25	4,92						< 25	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05						0,16	
Brom mg Br/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1							
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	1,17	0,878	0,778	0,880	4,13	2,28						44	
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2							
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	1,73	3,52	2,69	3,44	6,38	7,52						< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l	. 0,20	. 0,39	. 0,28	. 0,36	. 0,55	. 0,62							
<b>Kationer</b>													
Silisium mg Si/l	1,36	4,27	3,12	3,04	5,17	6,38							
Aluminium mg Al/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02						< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,0329	0,0296	0,0263	< 0,01	0,0444	0,120						< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	0,372	0,690	0,453	0,597	1,06	1,27							20
Kalsium mg Ca/l	1,51	3,41	2,29	3,22	5,24	4,66						15-25 <sup>2</sup>	
Natrium mg Na/l	1,94	3,31	2,29	2,79	4,34	6,05						< 20	150
Kalium mg K/l	1,11	1,67	1,01	0,885	1,59	2,26						< 10	12
Mangan mg Mn/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00906	0,00197						< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005						< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,00581						< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05							0,02
Nikkel mg Ni/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02							0,05
Kadmium mg Cd/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005							0,005
Krom mg Cr/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01							0,05
Sølv mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01							0,01
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l	. 0,22	. 0,41	. 0,28	. 0,35	. 0,58	. 0,66							
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %	. 5	. 3	. 0	. -1	. 3	. 3							

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner} / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \cdot 100\%$

Brønnskjema for Undersøkelsesbrønn

\*\*\*\*\*

Brønntype: Undersøkelsesbrønn                   Kommune: Ørsta (1520)  
 Brønn-ID: 000132                                   Fylke: Møre og Romsdal  
 Feltnavn: **Brønn 1**

UTM Sone: 32   ØV-koordinater: 378499,00   NS-koordinater: 6897408,00

Vannstand:           4 m målt fra overflaten   Målt dato: 19.08.1997

Boredyp: 17,50 m   Dyp til fjell:                   m

Andre oppl: 10 meter 5/4"- rør står igjen. Røret gikk av.  
 Skiftet slagbakke, hel bakke.

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vann-uttak (l/s)	Vann-prøve?	Jord-prøve?
0.00	1.50	Sand og stein			
1.50	2.50	Grus, stein og blokk			
2.50	3.50	Stein, grus og sand			
3.50	4.50	Stein, grus og sand			
4.50	5.50	Sand, grus, stein, blokk	0.67		Ja
5.50	6.50	Sand og grus			
6.50	7.50	Sand, grus, stein, blokk			Ja
7.50	8.50	Sand og stein			
8.50	9.50	Stein, grus og sand			
9.50	10.50	Grus og sand			
10.50	11.50	Stein, grus og sand	0.30		
11.50	12.50	Grus og sand			Ja
12.50	13.50	Grus og sand			
13.50	14.50	Grus og sand			
14.50	15.50	Grus og sand	0.50	Ja	Ja
15.50	16.50	Grus og sand			
16.50	17.50	Grus og sand			

Brønnskjema for Undersøkellesbrønn

\*\*\*\*\*

Brønntype: Undersøkellesbrønn                      Kommune: Ørsta (1520)  
 Brønn-ID: 000133                                      Fylke: Møre og Romsdal  
 Feltnavn: **Brønn 2**

UTM Sone: 32    ØV-koordinater: 378499,00    NS-koordinater: 6897408,00

Vannstand: 1,49 m målt fra overflaten    Målt dato: 20.08.1997

Boredyp: 17,50 m    Dyp til fjell:                      m

Andre oppl: 18 meter med 5/4"- rør står igjen som  
 peilerør.

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vann- uttak (l/s)	Vann- prøve?	Jord- prøve?
0.00	1.50	Stein og sand			
1.50	2.50	Stein og sand			
2.50	3.50	Stein og sand			
3.50	4.50	Grus og sand			
4.50	5.50	Grus og sand, hardt			
5.50	6.50	Grus og sand, hardt			
6.50	7.50	Grus og sand, noe grovt	1.25	Ja	Ja
7.50	8.50	Grus og sand, noe grovt			
8.50	9.50	Grus og sand	0.75		Ja
9.50	10.50	Grus og sand			
10.50	11.50	Hardpakket sand/grus			
11.50	12.50	Hardpakket sand/grus			
12.50	13.50	Hardpakket sand/grus	0.67	Ja	Ja
13.50	14.50	Hardpakket sand/grus			
14.50	15.50	Hardpakket sand/grus			
15.50	16.50	Hardpakket sand/grus			
16.50	17.50	Hardpakket sand/stein	1.83	Ja	Ja

Brønnskjema for Undersøkelsesbrønn

\*\*\*\*\*

Brønntype: Undersøkelsesbrønn                      Kommune: Ørsta (1520)  
 Brønn-ID: 000134                                      Fylke: Møre og Romsdal  
 Feltnavn: **Brønn 3**

UTM Sone: 32    ØV-koordinater: 378700,00    NS-koordinater: 6897311,00

Vannstand:                      m målt fra overflaten    Målt dato:

Boredyp: 17,50 m    Dyp til fjell:                      m

Andre oppl: Dette borehullet representerer to sonderinger. Den ene sonderingen ble foretatt 21.08.1997. På grunn av ras i hullet måtte det bores på nytt ned til 11,5 meter. Den andre sonderingen ble foretatt 02.09.1997. Sonderte til 16 meter, kom ikke lenger på grunn av stor blokk.

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vann-uttak (l/s)	Vann-prøve?	Jord-prøve?
0.00	1.50	Stein og sand			
1.50	2.50	Grus, stein og blokk			
2.50	3.50	Grus, stein og blokk			
3.50	4.50	Steinig grus			
4.50	5.50	Grusig sand	1.15	Ja	Ja
5.50	6.50	Grusig sand			
6.50	7.50	Grusig sand	1.08	Ja	Ja
7.50	8.50	Grusig sand			
8.50	9.50	Grusig sand	0.25		Ja
9.50	10.50	Grusig sand			
10.50	11.50	Grusig sand			
11.50	12.50	Sand			
12.50	13.50	Sand og stein	0.50		
13.50	14.50	Sand og stein			
14.50	15.50	Sand og grus	0.50		Ja
15.50	16.50	Stein og sand			
16.50	17.50	Sand, grus, stein, blokk			



Brønnskjema for Undersøkelsesbrønn

\*\*\*\*\*

Brønntype: Undersøkelsesbrønn                      Kommune: Ørsta (1520)  
Brønn-ID: 000135                                      Fylke: Møre og Romsdal  
Feltnavn: **Boring 4**

UTM Sone: 32    ØV-koordinater: 378377,00    NS-koordinater: 6897270,00

Vannstand: 8,19 m målt fra overflaten    Målt dato: 02.09.1997

Boredyp: 15,50 m    Dyp til fjell:                      m

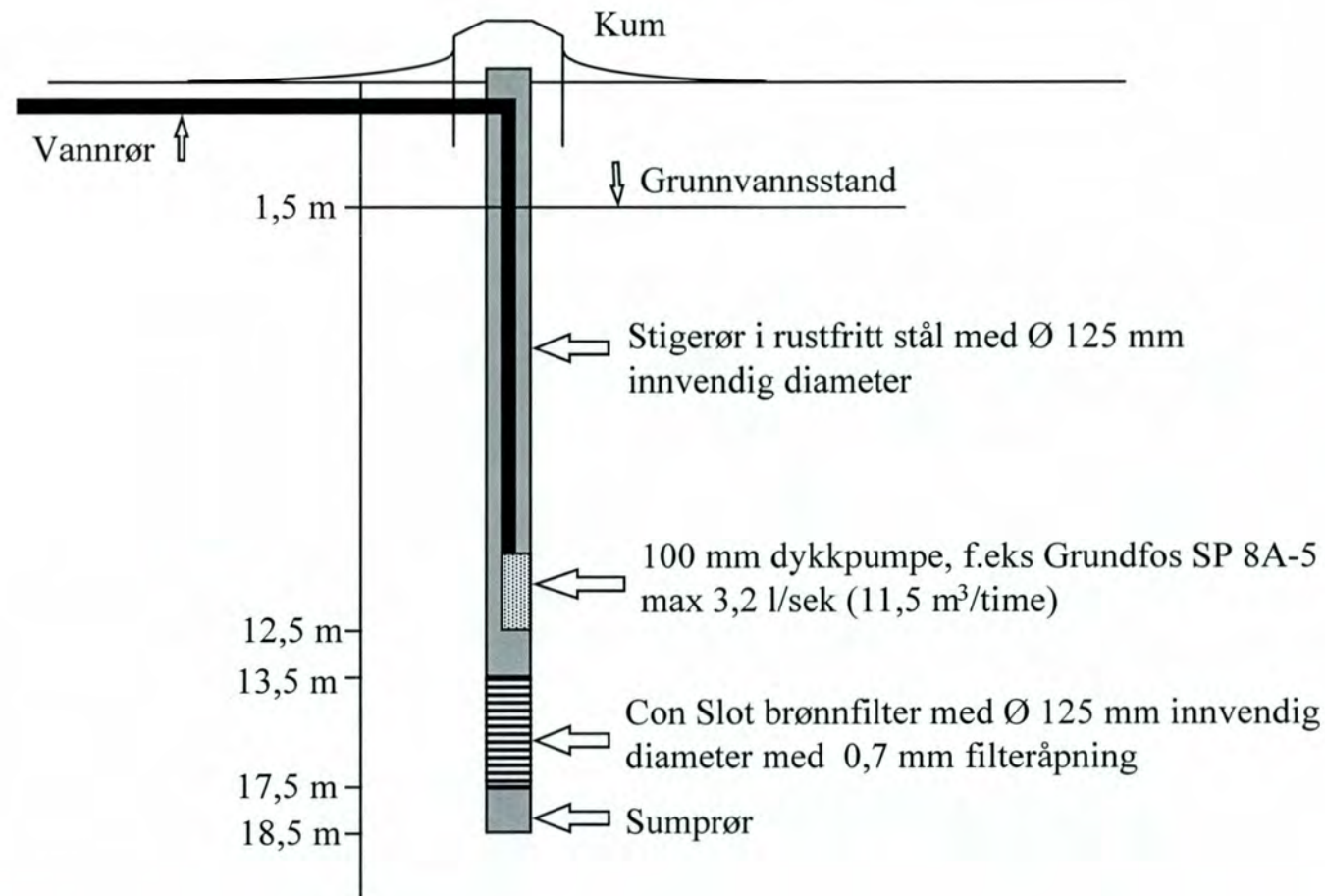
Andre oppl: Meget hardpakkete masser fra 3,5 meter ned til 14,5  
meter.

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vann- uttak (l/s)	Vann- prøve?	Jord- prøve?
---------	---------	----------------	----------------------	-----------------	-----------------

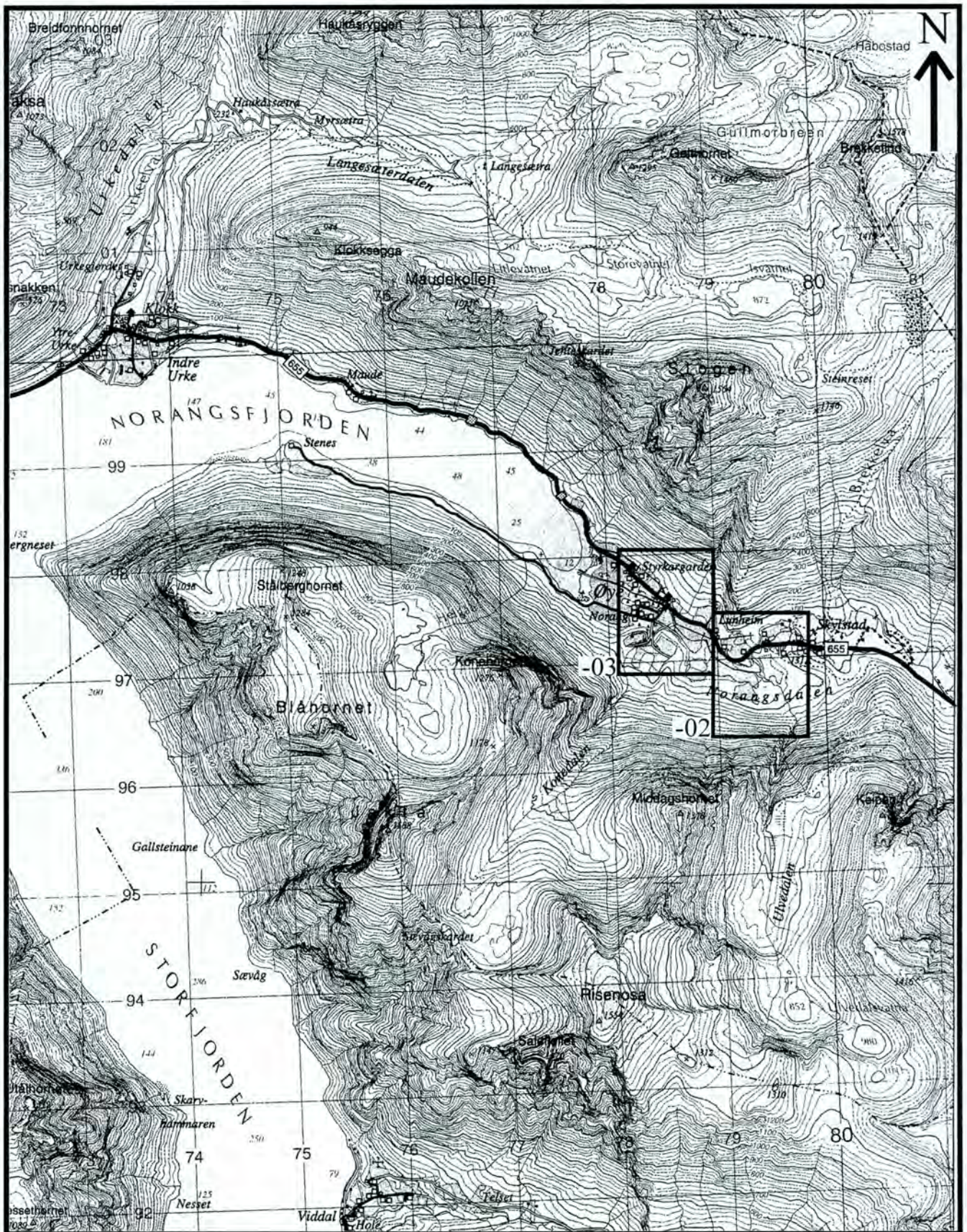
-----

0.00	1.50	Sand og grus			
1.50	2.50	Sand og grus			
2.50	3.50	Sand og stein			
3.50	4.50	Sand og stein			
4.50	5.50	Sand og stein			
5.50	6.50	Sand og stein			
6.50	7.50	Sand og stein			
7.50	8.50	Sand og stein			
8.50	9.50	Sand og stein			
9.50	10.50	Sand og stein			
10.50	11.50	Sand og stein			
11.50	12.50	Sand			
12.50	13.50	Grusig sand			
13.50	14.50	Grusig sand			
14.50	15.50	Blokk			

# Dimensjonering av rørbrønn for Nordang og Øye vannverk

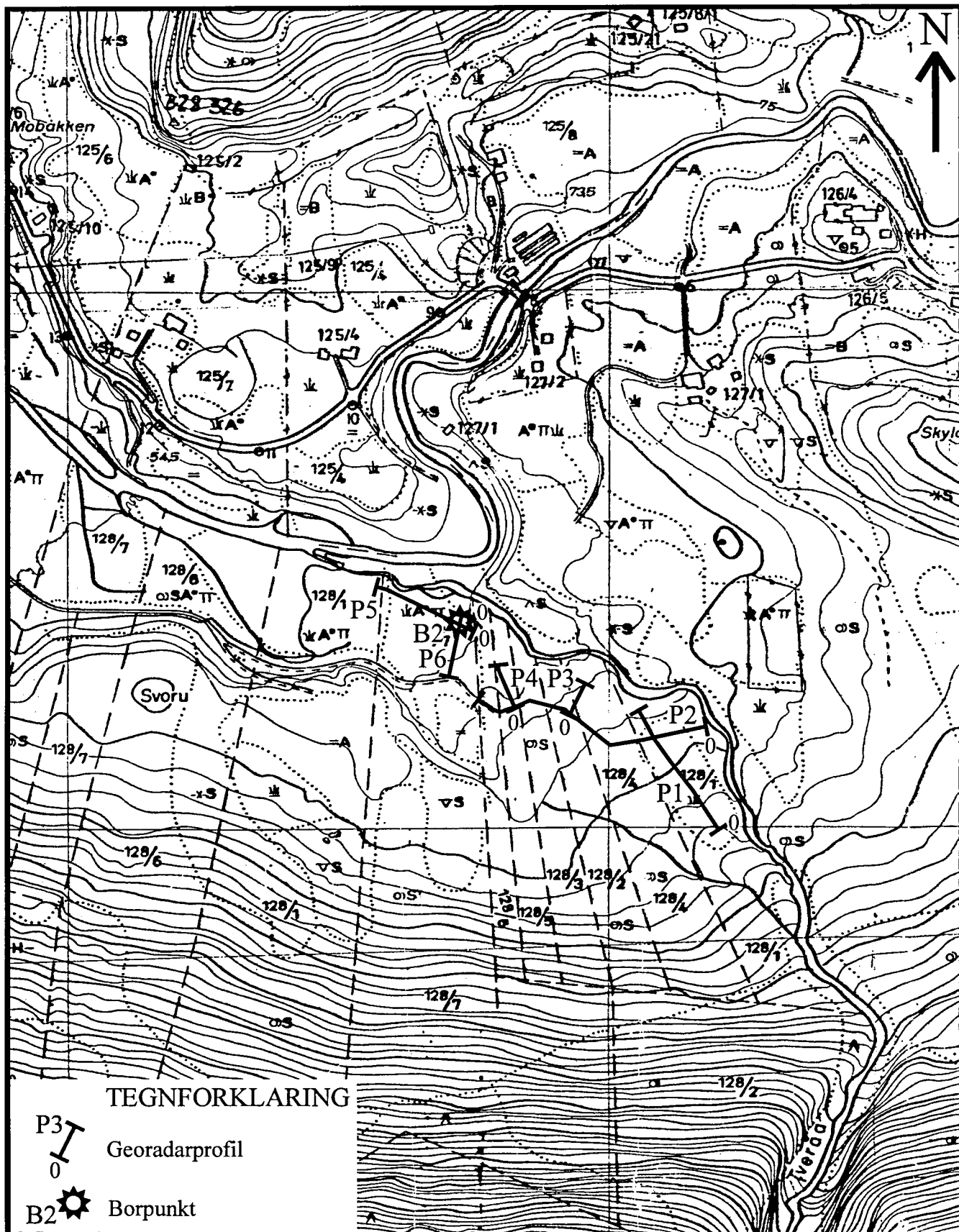








NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK OVERSIKTSKART - UTSNITT KARTBILAG -02 OG -03 <b>NORDANG OG ØYE</b> ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT/AM	JULI/AUG.-97
		TEGN JFT	NOV. -98
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.143-01	KARTBLAD NR 1219 III	





**TEGNFORKLARING**

P3  Georadarprofil

B2  Borpunkt

NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK  
 LOKALKART - GEORADARPROFILER OG BORINGER

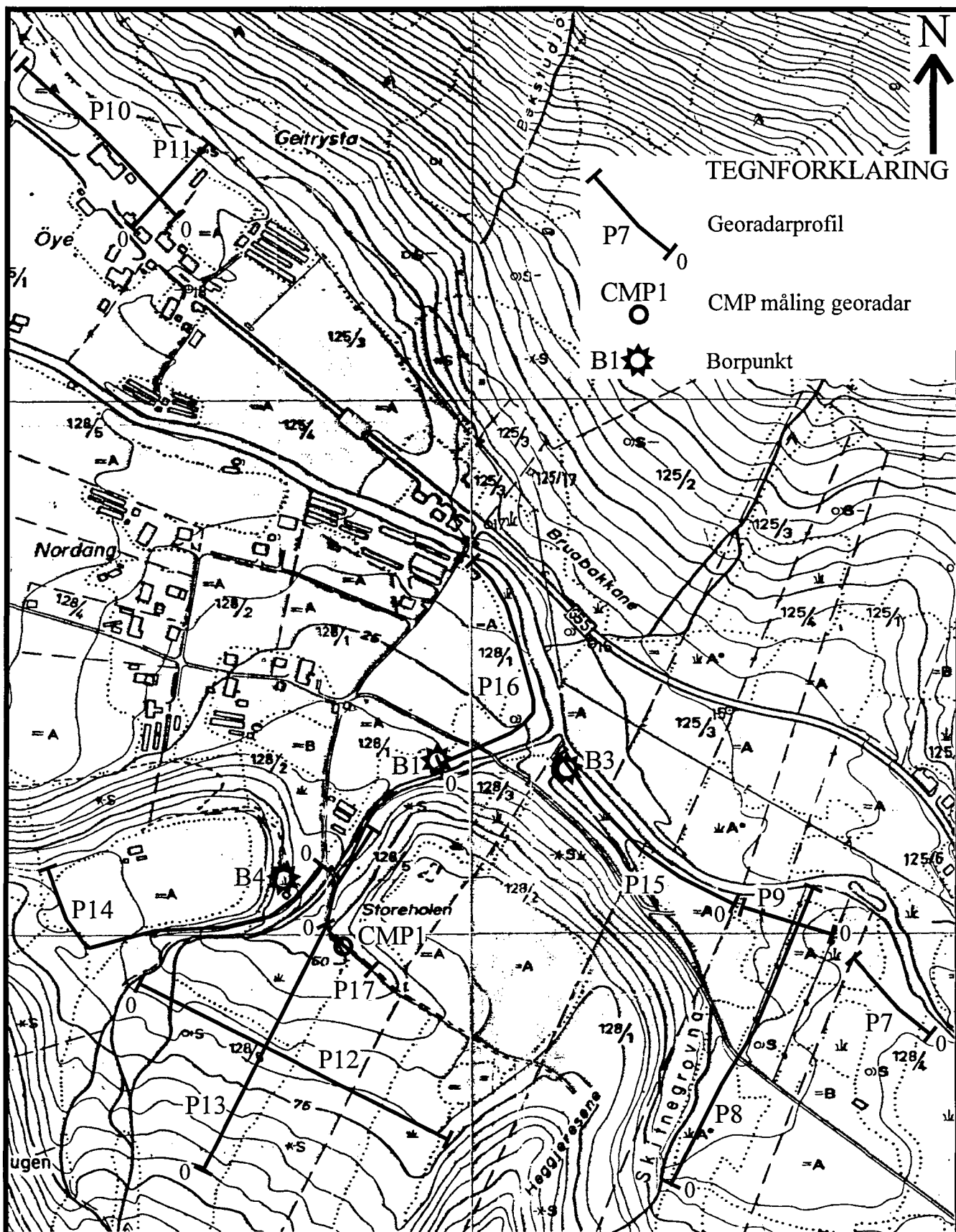
## NORDANG (ØST)

ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK  1:5 000	MÅLT JFT/AM	JULI/AUG.-97
	TEGN JFT	NOV. -98
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR 98.143-02	KARTBLAD NR 1219 III
---------------------------	-------------------------



TEGNFORKLARING

- P7 — Georadarprofil
- CMP1 ○ CMP måling georadar
- B1 ☼ Borpunkt

NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK  
 LOKALKART - GEORADARPROFILER OG BORINGER  
**NORDANG (VEST) OG ØYE**  
 ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

MÅLESTOKK  1:5 000	MÅLT JFT/AM	JULI/AUG.-97
	TEGN JFT	NOV. -98
	TRAC	
	KFR	

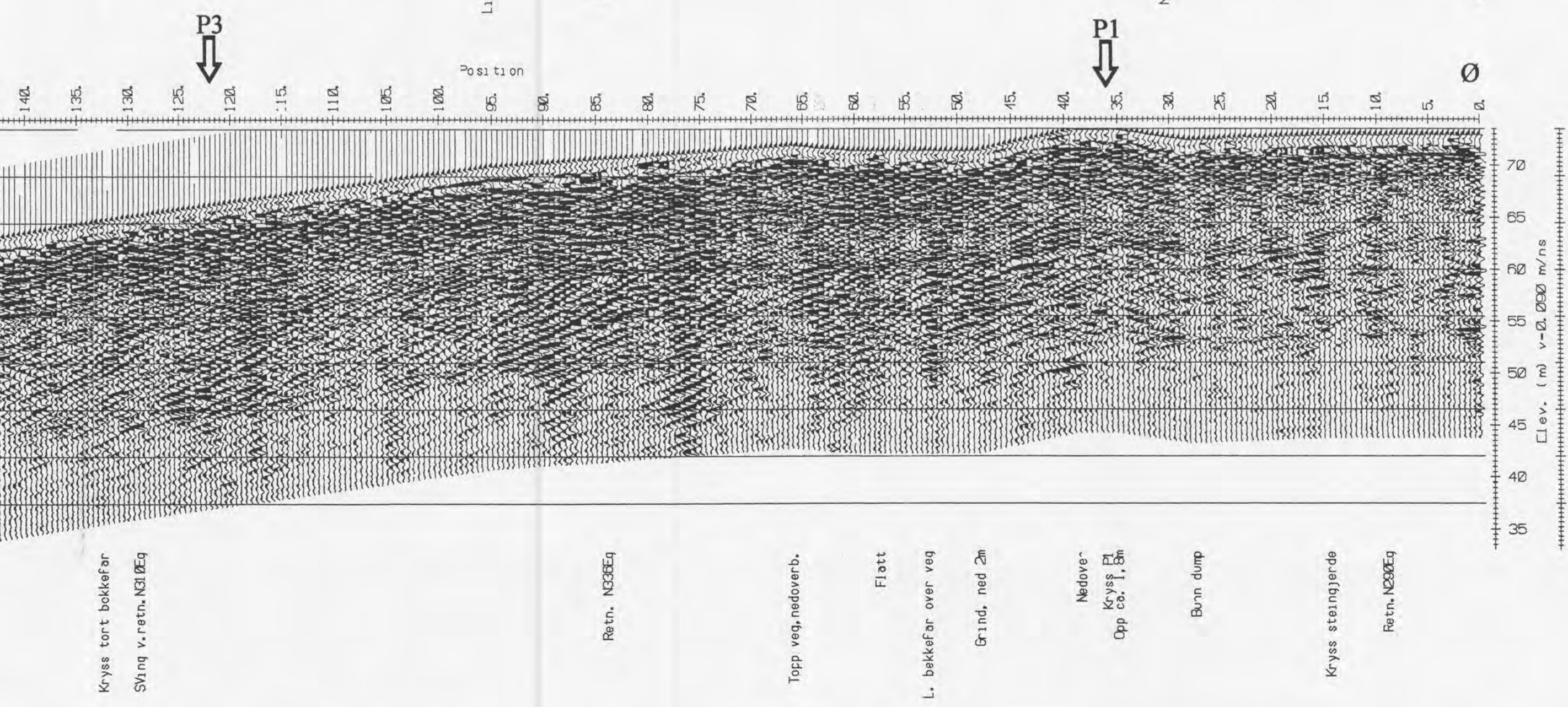
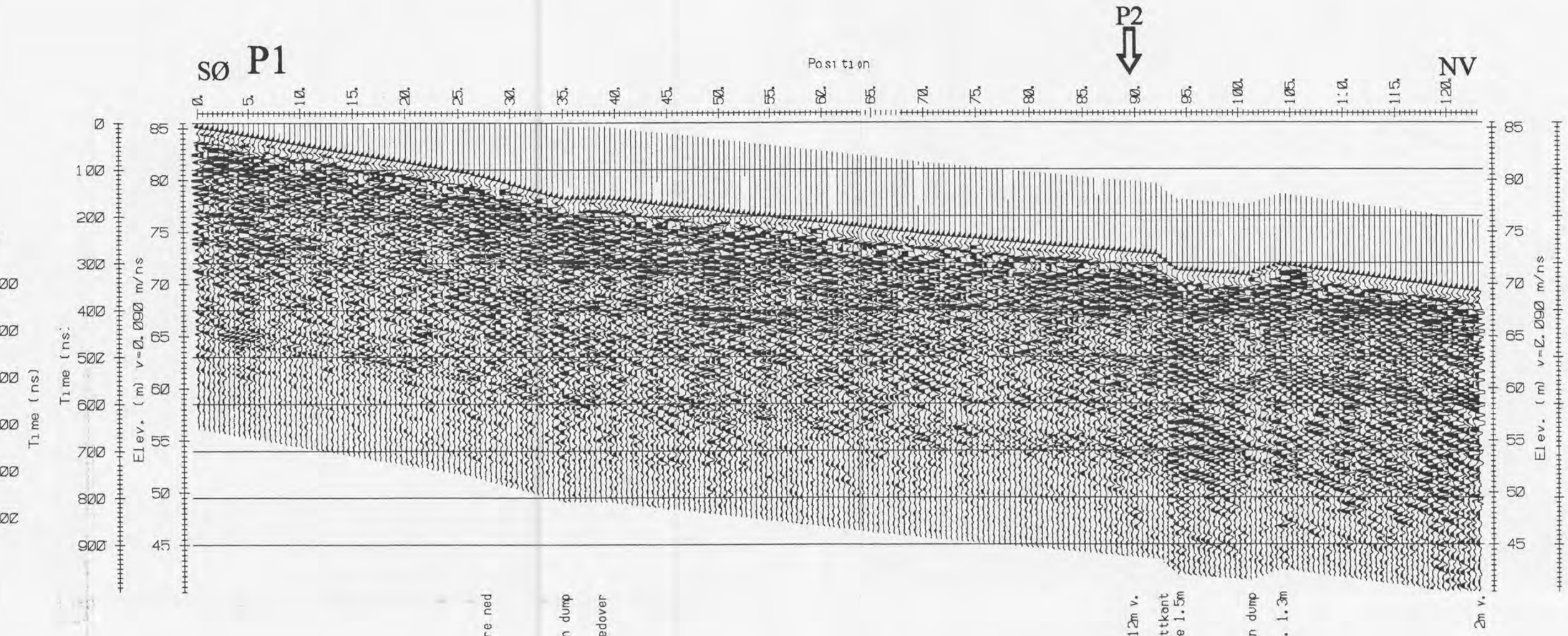
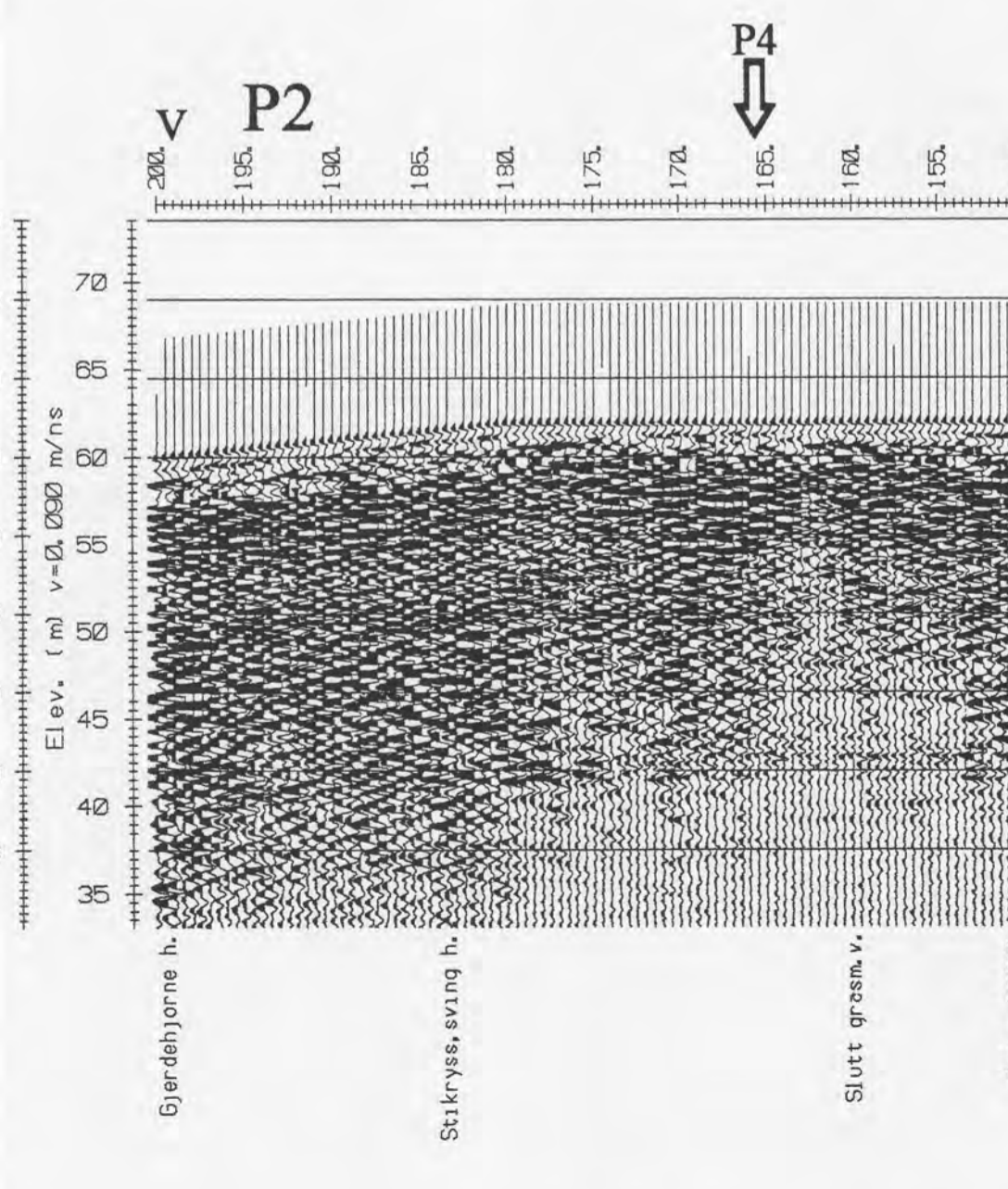
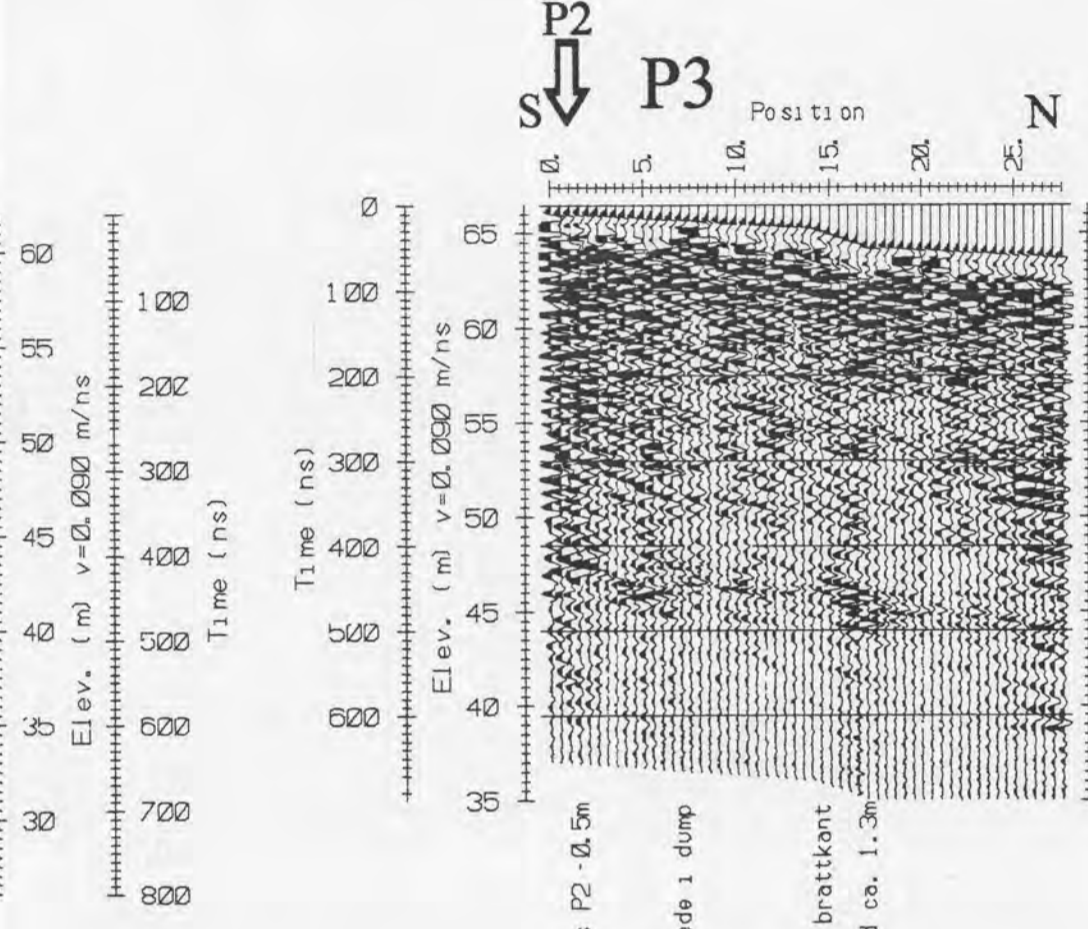
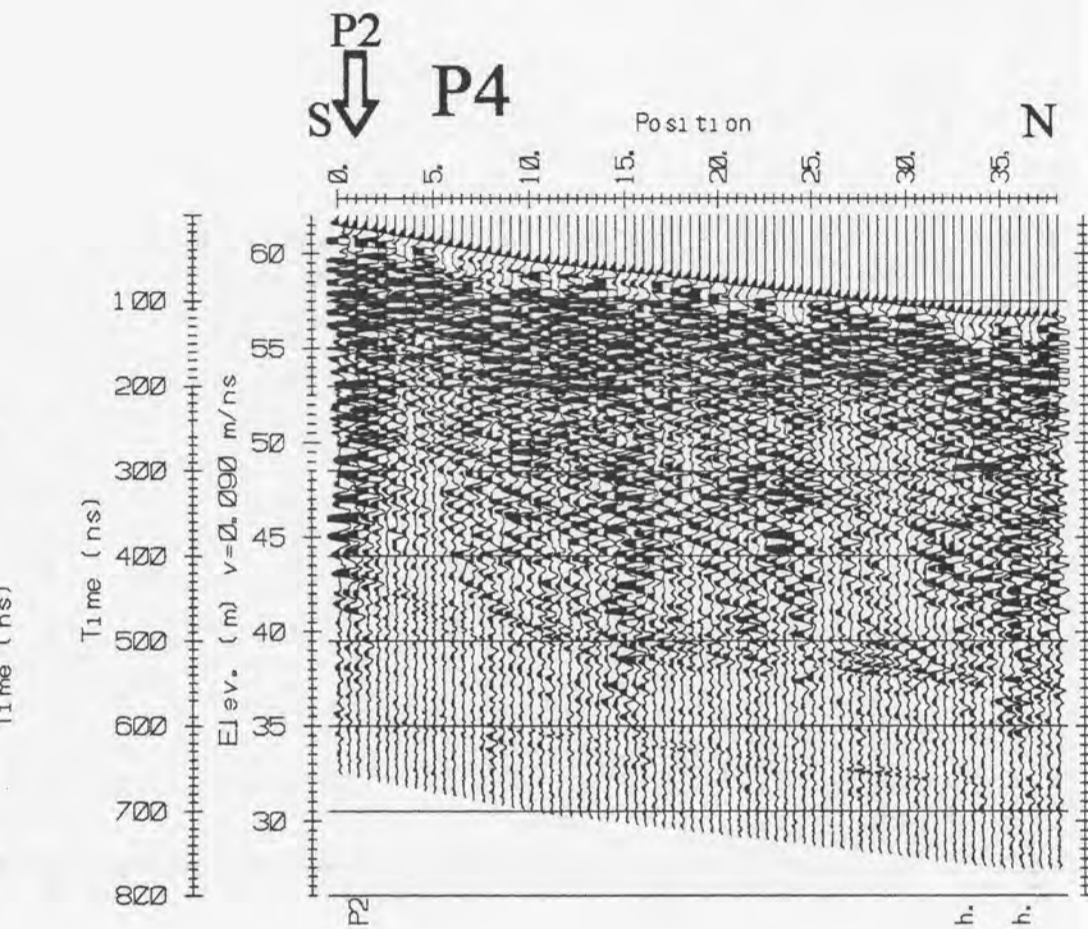
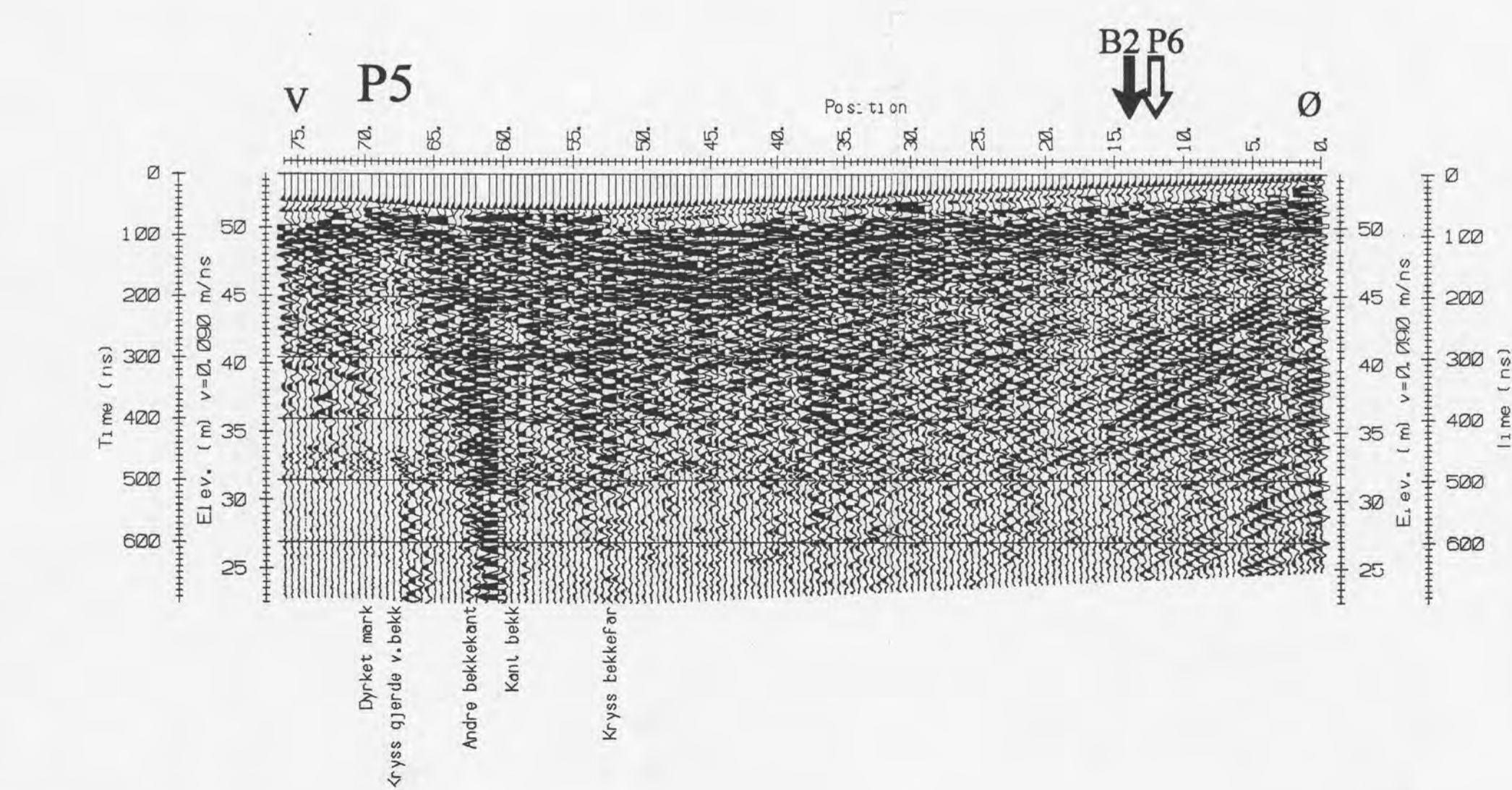
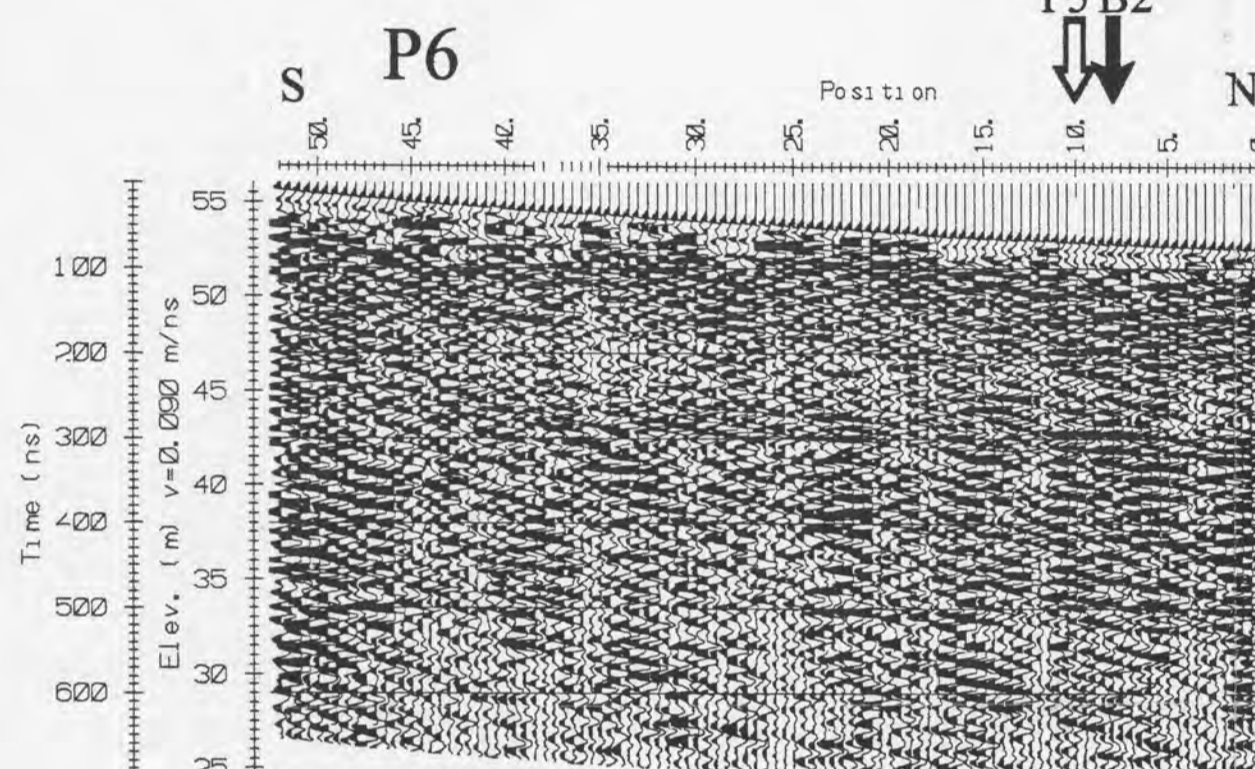
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR 98.143-03	KARTBLAD NR 1219 III
---------------------------	-------------------------



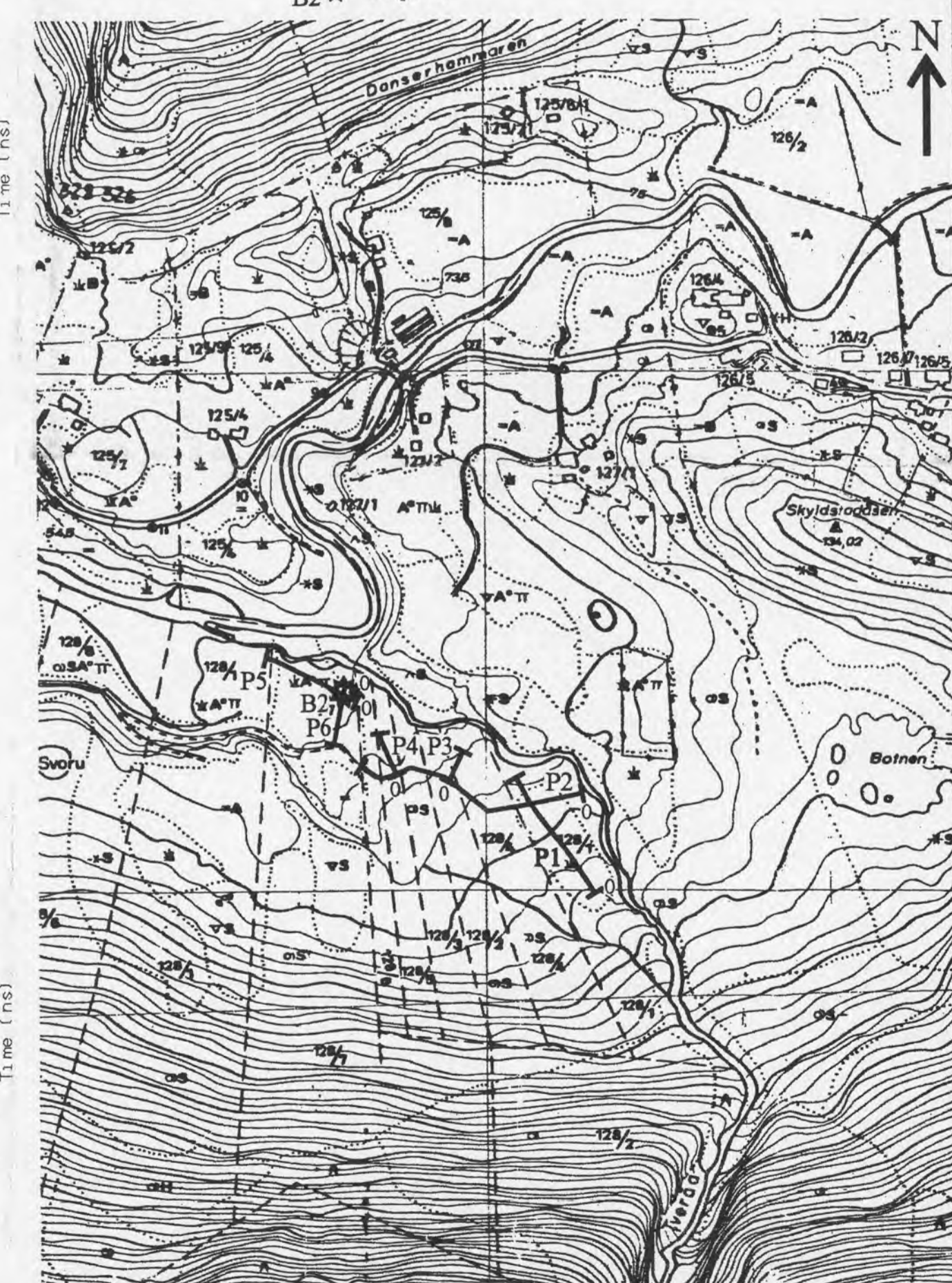
TEGNFORKLARING PROFILER

- P5 ↓ Krissende profil
- B2 ↓ Borpunkt



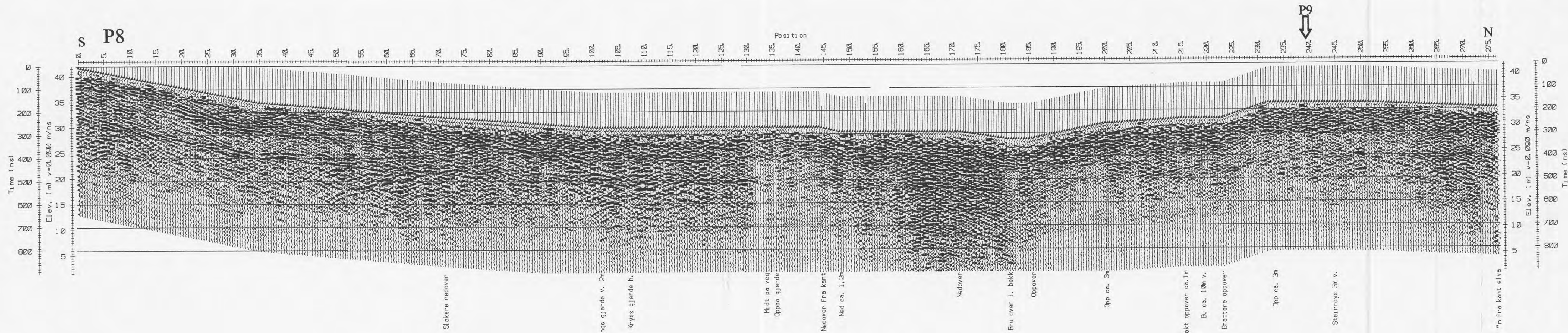
TEGNFORKLARING KART

- P3 ↗ Georadarprofil
- B2 ↗ Borpunkt



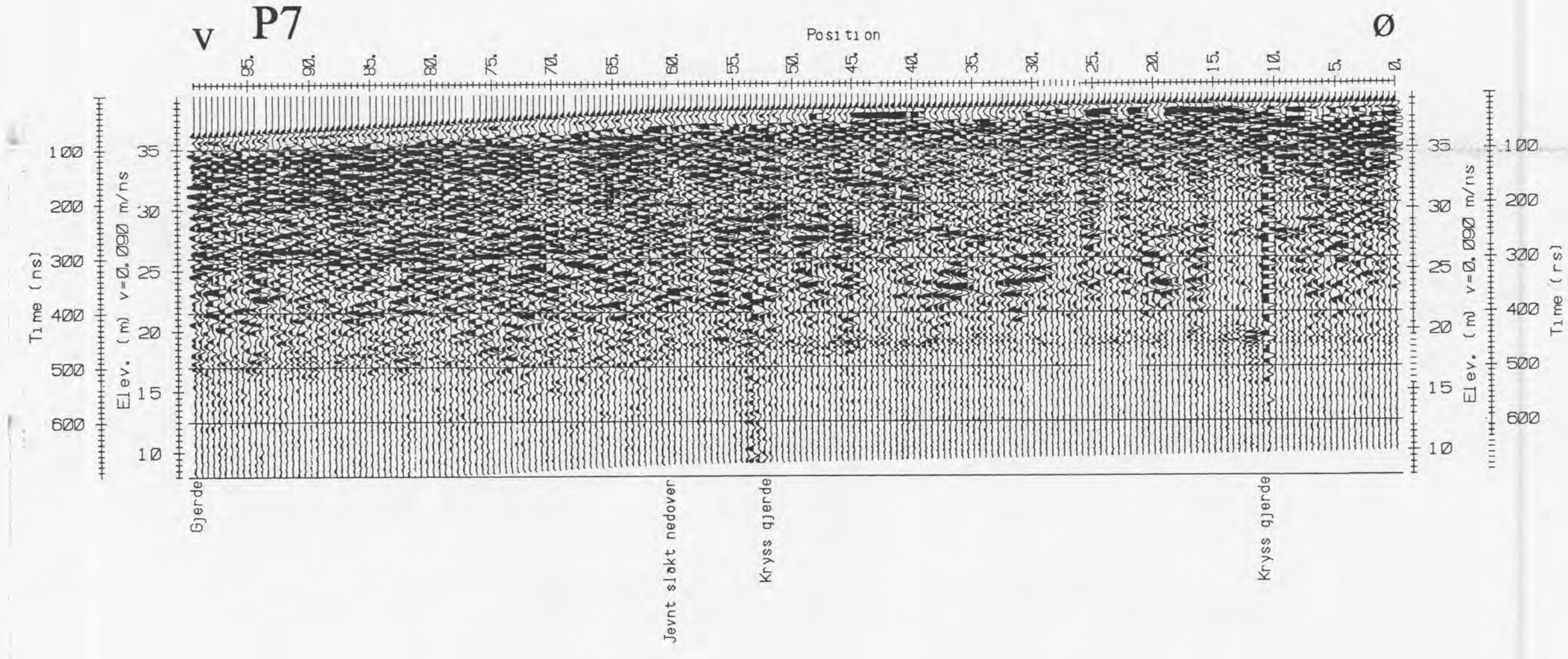
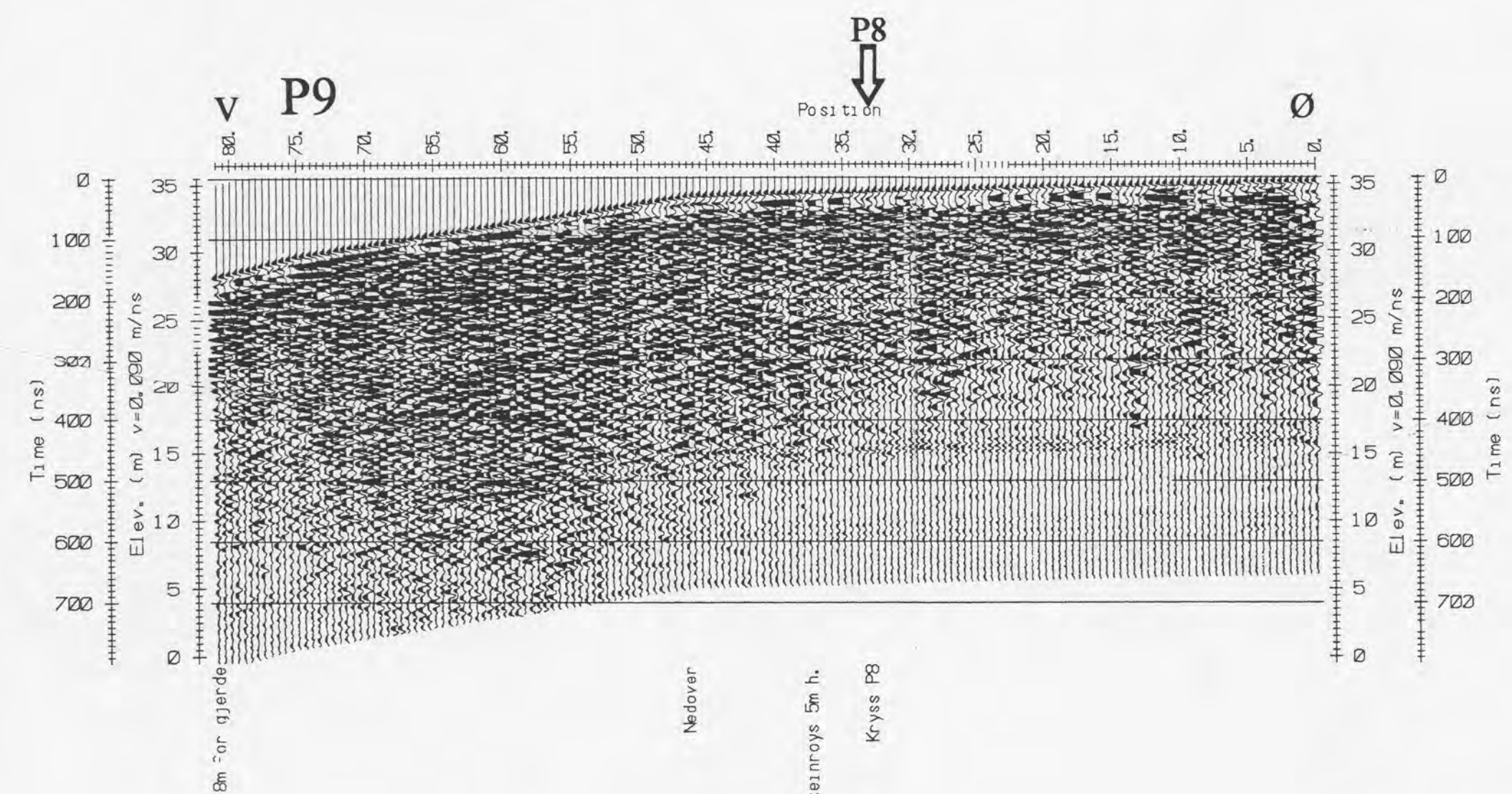
NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4, P5, P6 <b>NORDANG</b> NORGE KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JULI -97
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	JULI -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	98.143-04	1219 III	





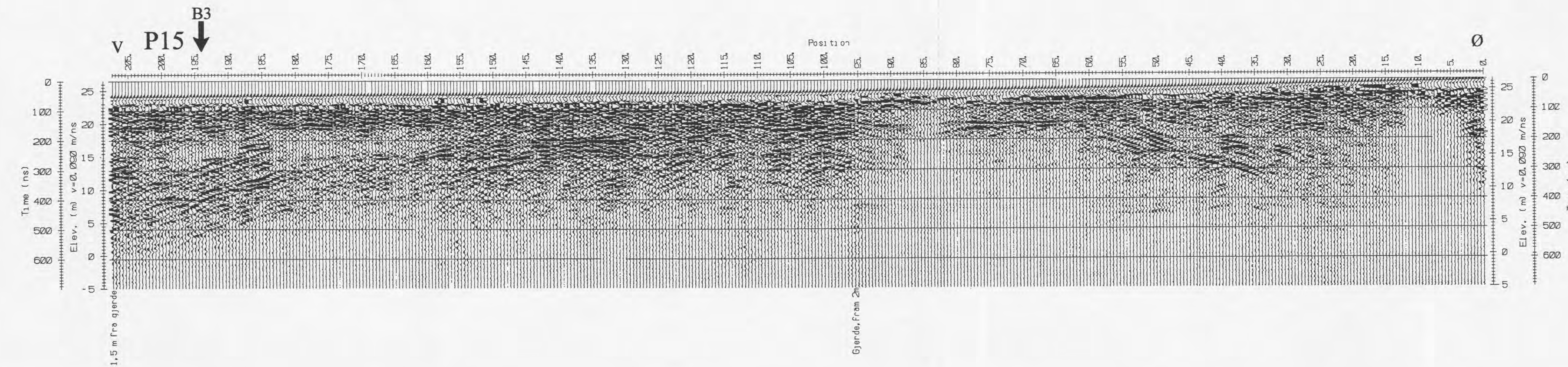
TEGNFORKLARING PROFILER

- P9
- B3
- Kryssende profil
- Borpunkt



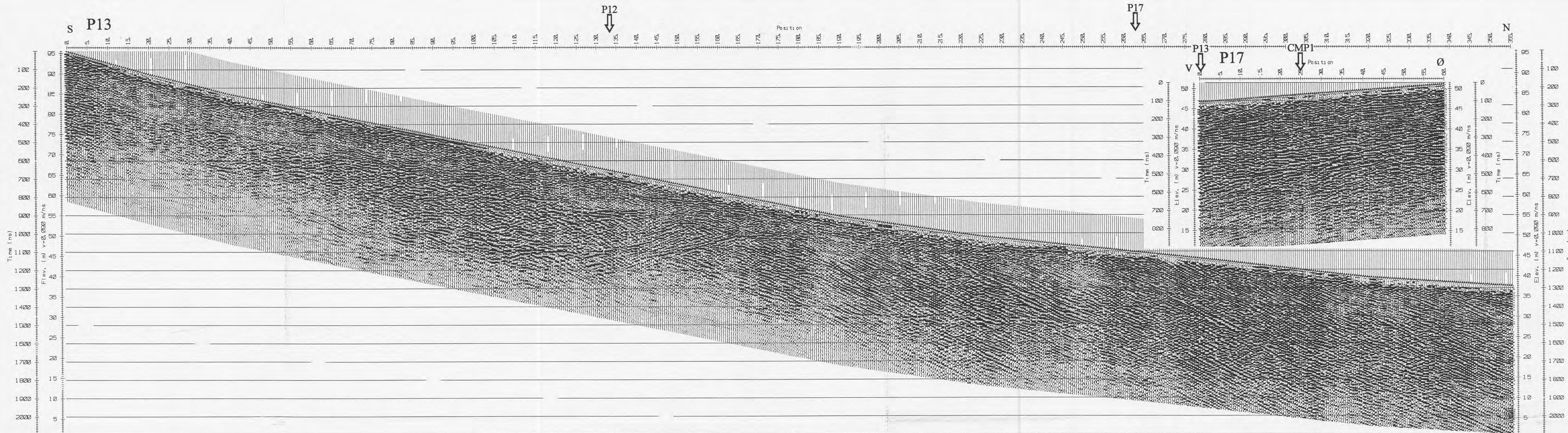
TEGNFORKLARING KART

- P9
- CMP1
- Borpunkt
- Georadarprofil
- CMP måling georadar
- Borpunkt



NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK GEORADAROPPTAK P7, P8, P9, P15 <b>NORDANG (VEST)</b> ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JULI -97
	M 1:5 000 (KART)	TEGN JFT	JULI -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR	KARTBLAD NR	
	98.143-05	1219 III	





TEGNFORKLARING PROFILER

P12  
↓  
Kryssende profil

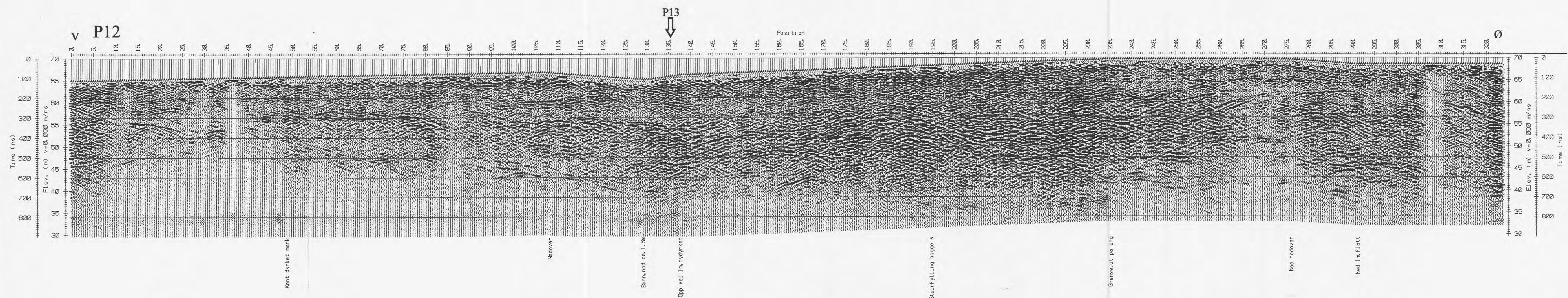
CMP1  
↓  
Posisjon for CMP-måling

TEGNFORKLARING KART

P17  
↓  
Georadarprofil

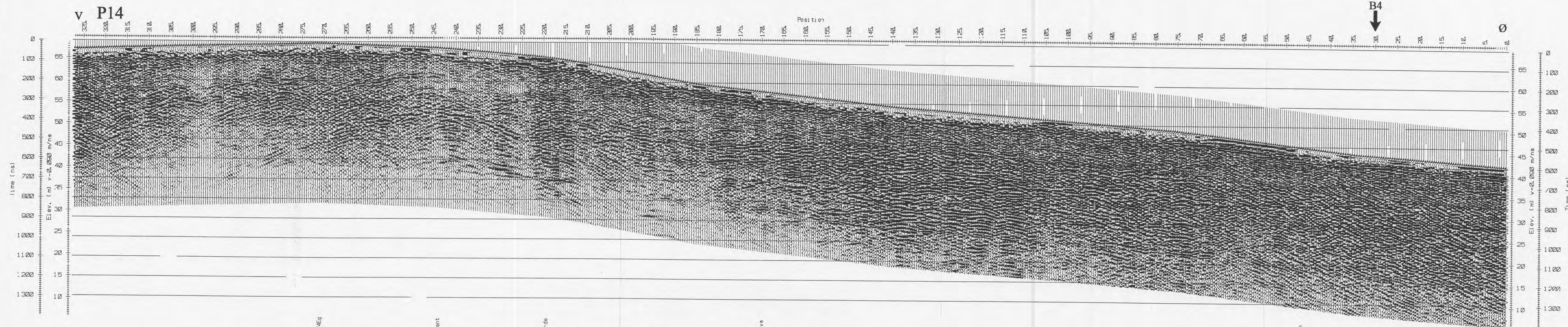
CMP1  
↓  
CMP måling georadar

B3  
↓  
Borpunkt



NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK GEORADAROPPTAK P12, P13, P17 <b>NORDANG (VEST)</b> ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JULI -97
	1: 5 000 (KART)	TEGN JFT	JULI -98
NORGE GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR	KARTBLAD NR	
	98.143-06	1219 III	





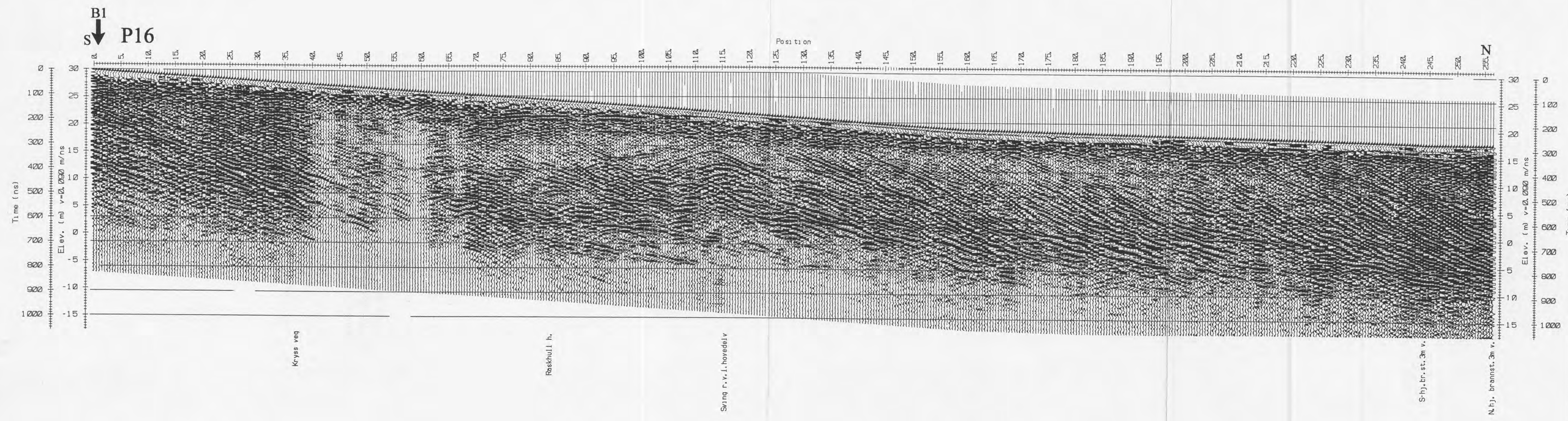
Retn. NS745g

Sving h.l. jorddekket

Oppe på jorde

Fjerner oss fra elve

Flukt V vegg hytte h



Kryss veg

Bastubull h.

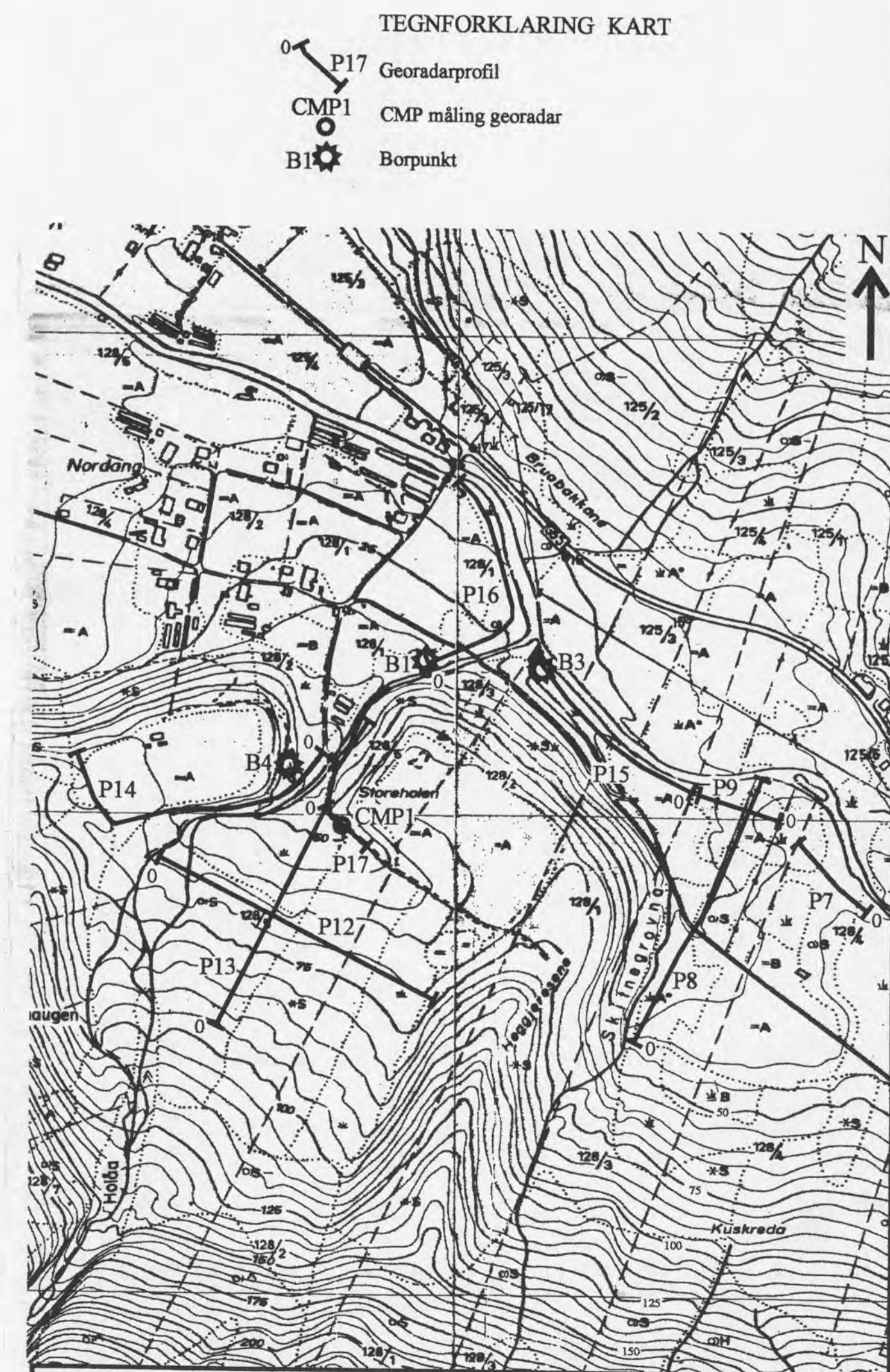
Svinn r.v.l. boredelev

Sjy-br-st.3n v.

N.Fj. brønnst.3n v.

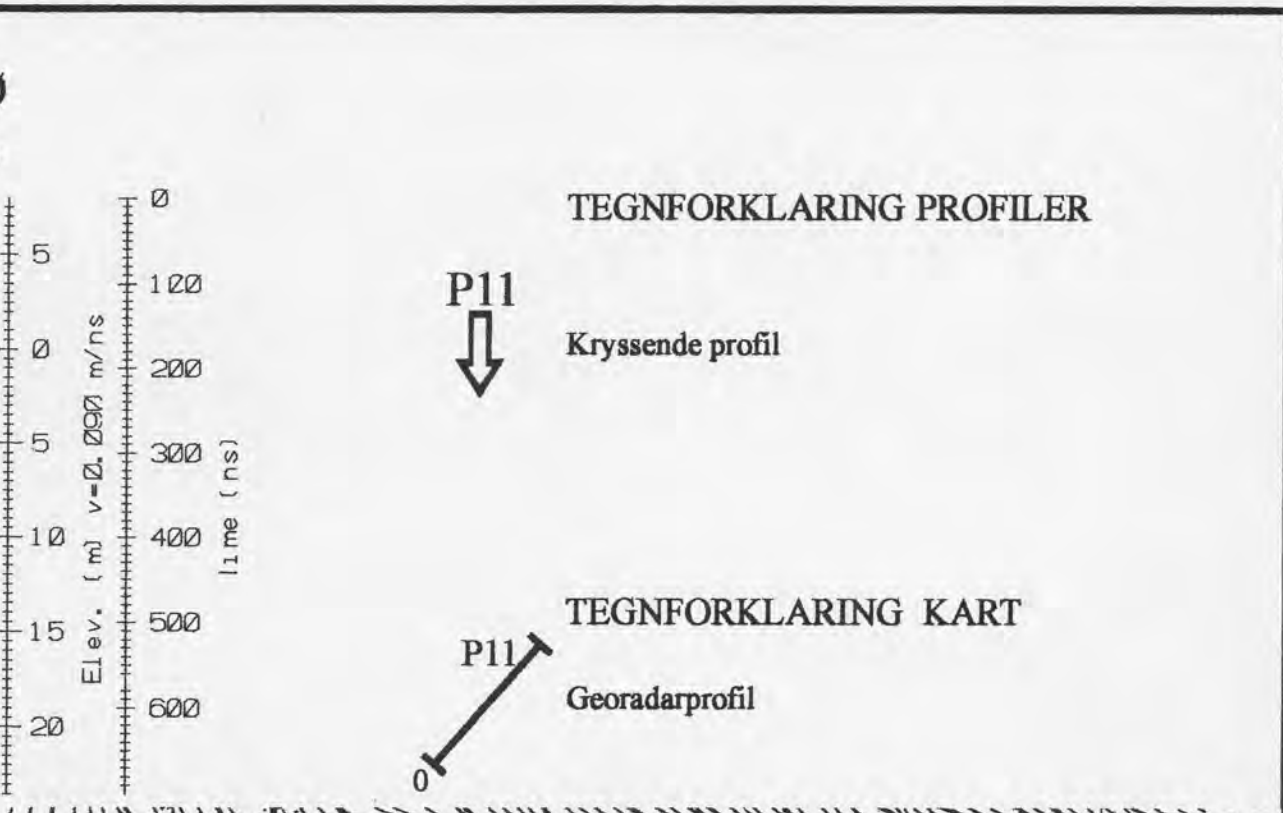
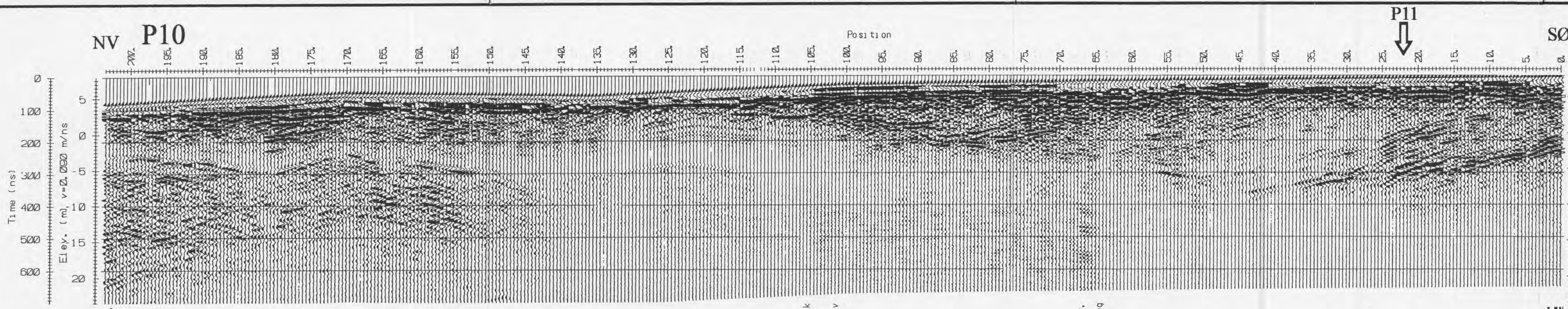
TEGNFORKLARING PROFILER

B1 Borepunkt



NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK GEORADAROPPTAK P14, P16	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT NOV. -98	JULI -97
<b>NORDANG (VEST)</b> ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	KARTBILAG NR 98.143-07	TRAC	KFR
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAD NR 1219 III		





TEGNFORKLARING PROFILER

P11  
Kryssende profil

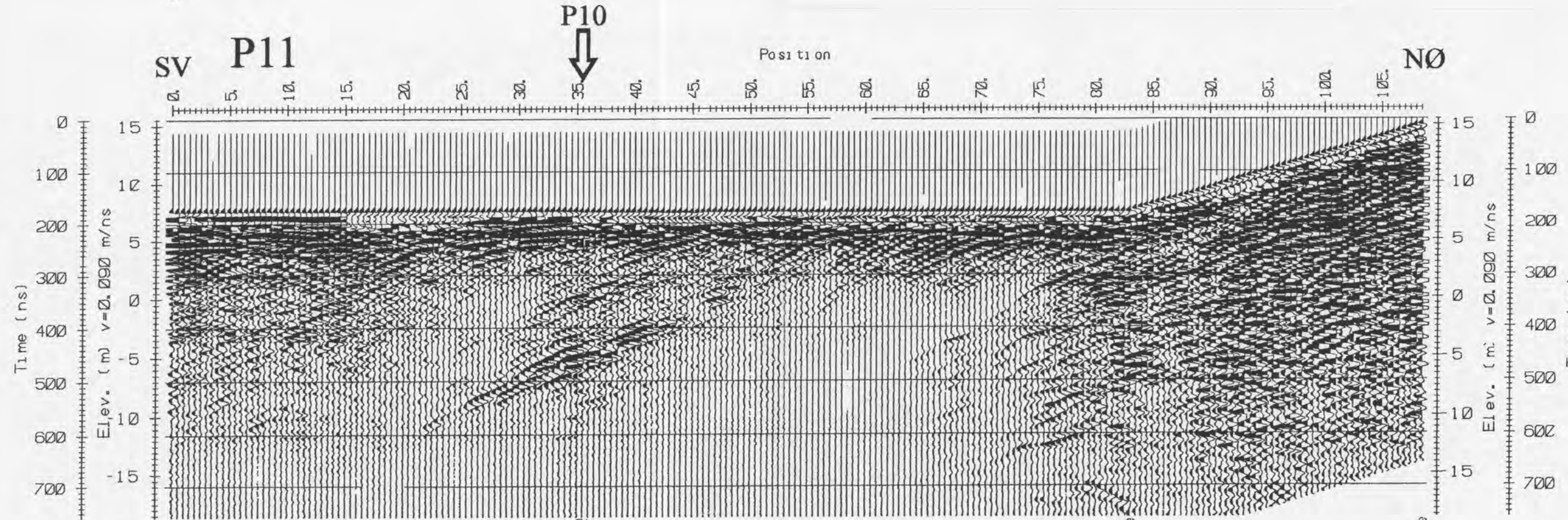
TEGNFORKLARING KART

P11  
Georadarprofil

Poe grasmark

Hjørne hot. -1m, 4m v

Hjørne hot. 3m v.  
Langs grusveg

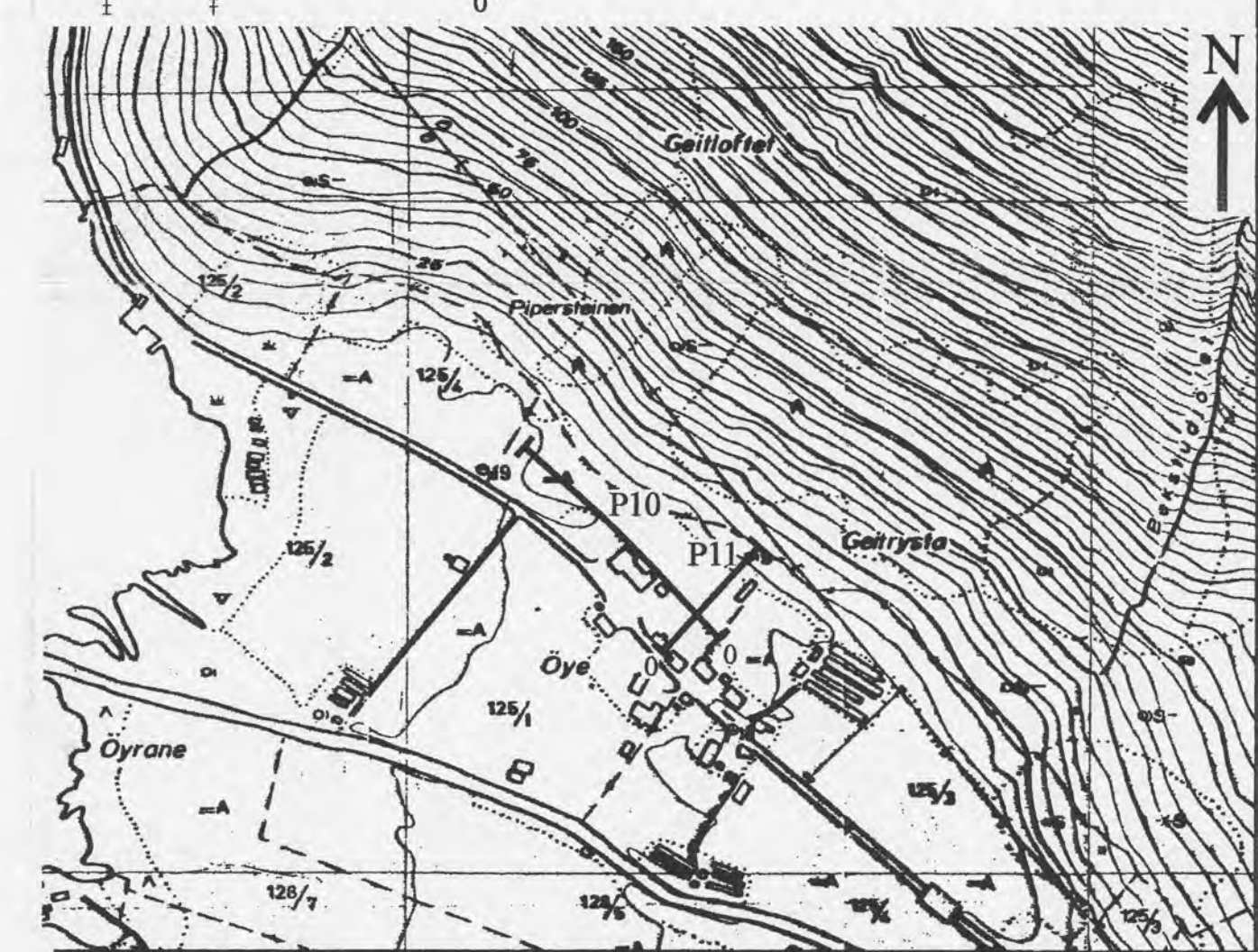


Østveg hus 2m v.

Kryss P10 pos. 22

Bunn bakke

Overkant jorde



NGU / NORDANG OG ØYE VASSVERK GEORADAROPPTAK P10, P11 <b>ØYE</b> ØRSTA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JULI -97
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	NOV.-98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	98.143-08	1219 III	